

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA:
INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO MECÁNICO

TEMA:
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PICADORA DE HIERBA Y
CAÑA PARA ALIMENTAR EL GANADO VACUNO EN EL SECTOR EL
PORVENIR PERTENECIENTE A LA PARROQUIA GUALEA

AUTORES:
JEFFERSON WLADIMIR NOGALES VILLAMARÍN
JONATHAN ISRAEL ANDRADE TEJADA

TUTOR:
ING. MILTON JAMI

Quito, Julio de 2017

Cesión de derechos de autor

Nosotros, Jonathan Israel Andrade Tejada y Jefferson Wladimir Nogales Villamarin con documentos de identidad N° 1718161399 y 1722363346 respectivamente, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación "Diseño y construcción de una máquina picadora de hierba y caña para alimentar el ganado vacuno en el sector el porvenir perteneciente a la parroquia Guala", mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero mecánico en la universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultado para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en forma impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Jonathan Israel Andrade Tejada

C.I 1718161399



Jefferson Wladimir Nogales Villamarin

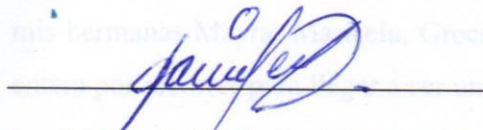
C.I 1722363346

Quito, julio 2017

Declaratoria de coautoría del docente tutor

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación, 'Diseño y construcción de una máquina picadora de hierba y caña para alimentar el ganado vacuno en el sector el porvenir perteneciente a la parroquia Guala' realizado por Jonathan Israel Andrade Tejada y Jefferson Wladimir Nogales Villamarin, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, junio 2017



Ing. Milton Salomón Jami Lema M.Sc.

C.I. 1707254171

Dedicatoria

A Dios por permitirme culminar una etapa más en mi vida, a mis padres Cecilia y Mario por ser el motivo más grande de superación en mi vida, agradecido por su apoyo incondicional en cada paso y momento de mi vida, a mis hermanos Kevin, Mario y Melany por darme tanta alegría al compartir con ellos tantos bellos momentos, siempre tratando de ser un ejemplo para ellos.

Jonathan

A Dios por guiarme en el transcurso de mi vida y en la carrera universitaria. A mis padres Vladimiro y Patricia que son mi mayor motivación para superarme cada día, gracias por transmitirme su sabiduría, amor, humildad y respeto para saber escoger el mejor camino y llegar a ser un reflejo de ustedes, los amo mucho queridos padres. A mis hermanas Mayra, Maricela, Grecia y especialmente a Nicole que tiene una vida entera por recorrer para llegar a ser una gran profesional.

Jefferson

Agradecimiento

A la Universidad Politécnica Salesiana, a los docentes y autoridades que conforman la carrera de Ingeniería Mecánica por brindarnos sus conocimientos y valores adquiridos en el transcurso de su experiencia. Al Ingeniero Milton Salomón Jami tutor del proyecto que con su experiencia y conocimientos se hizo posible la realización del proyecto. A la comunidad el Porvenir ya que hizo posible, la construcción de la máquina picadora de hierba y caña de azúcar.

Índice

Introducción	2
Capítulo 1	3
1.1 Propiedades de la caña de azúcar	3
1.1.1 Caña de azúcar.....	3
1.1.2 La raíz.....	4
1.1.3 El tallo	4
1.1.4 La hoja.....	5
1.2 Tipos de picadoras.....	5
1.2.1 Máquinas picadoras sopladoras estacionarias	5
1.2.2 Máquinas picadoras sopladoras de campo	7
1.2.3 Máquinas picadoras-sopladoras de acción simple.....	7
1.2.4 Máquinas picadoras-sopladoras de acción doble	8
1.3 Proceso de picado	9
1.4 Componentes de la picadora.....	10
1.4.1 Motor.....	10
1.4.2 Chumacera.....	10
1.4.3 Polea	11
1.4.4 Banda.....	11
1.4.4.1 Tipos de bandas	12
1.4.5 Tipos de conexiones	12
1.4.5.1 Soldadura.....	12
1.4.5.2 Pernos, tuercas y tornillos.....	13
1.4.5.3 Chavetas, pasadores y collares	14
1.4.5.4 Remachado	15
1.4.6 Estructura.....	15
Capítulo 2.....	16
2.1 Parámetros para la selección de alternativas	16
2.1.1 Costos	16
2.1.2 Mantenimiento.....	16
2.1.3 Montaje.....	16

2.1.4 Materiales	16
2.1.5 Manejo de la máquina	16
2.1.6 Construcción.....	16
2.1.7 Seguridad.....	16
2.2 Selección de alternativas	17
2.3 Fórmulas	21
Capítulo 3.....	26
3.1 Cálculos	26
3.1.1 Diseño de la tolva de entrada	26
3.1.2 Diseño de las cuchillas móviles.....	27
3.1.2.1 Diseño del radio de giro de la chuchilla móvil.....	28
3.1.2.2 Fuerza centrífuga	30
3.1.2.3 Fuerza cortante	31
3.1.2.4 Factor de seguridad.....	31
3.1.2.5 Análisis de elementos finitos de la cuchilla	31
3.1.3 Diseño de poleas.....	33
3.1.4 Selección de banda	34
3.1.4.1 Cálculo de ángulo de contacto.....	34
3.1.4.2 Cálculo de longitud de banda	35
3.1.5 Selección de motor	35
3.1.6 Velocidad de la banda tangencial	36
3.1.6.1 Tensión de banda.....	37
3.1.6.2 Torque de la banda.	38
3.1.7 Diseño de eje principal	38
3.1.7.1 Análisis de fatiga del eje	42
3.1.7.2 Cálculo del número de ciclos	43
3.1.7.3 Análisis de elementos finitos del eje principal	44
3.1.8 Análisis de la estructura porta carcasas	46
3.1.8.1 Análisis de elementos finitos de la estructura porta carcasas.....	47
Capítulo 4.....	50
4. Costos	50
4.1 Costos directos	50
4.1.1 Costos de materia prima	50
4.1.2 Costos de materiales normalizados	50
4.1.3 Costos de mano de obra.....	51

4.2 Costos indirectos	52
4.2.1 Costos adicionales	52
4.2.2 Costos de diseño	53
4.3 Costo total de la máquina	53
Conclusiones	54
Recomendaciones.....	55
Referencias.....	56
Manual de instrucciones y seguridad	57
Manual de mantenimiento.....	59
Anexos	61
Planos de la máquina picadora de hierba y caña de azucar.....	65

Índice de figuras

Fig. 1 Cultivo de caña de azúcar	3
Fig. 2 Máquinas picadoras-sopladoras estacionarias.	6
Fig. 3 Máquinas picadoras sopladoras de acción simple.	7
Fig. 4 Máquinas picadoras sopladoras de acción doble	8
Fig. 5 Motor eléctrico	10
Fig. 6 Chumacera	10
Fig. 7 Características de los tipos de bandas.....	11
Fig. 8 Tipos de uniones	13
Fig. 9 Tabla para la selección de chavetas.	14
Fig. 10 Parámetros en el factor de la condición superficial.	22
Fig. 11 Factor de tamaño	22
Fig. 12 Efecto de la temperatura de operación en la resistencia a la tensión de acero.	23
Fig. 13 Sensibilidad a la muesca en el caso de aceros y aleaciones de aluminio forjado.	24
Fig. 14 Dimensiones de la bandeja de alimentación	26
Fig. 15 Esfuerzo de Von de Mises a lo largo de la cuchilla.	32
Fig. 16 Desplazamiento generado en el filo de la cuchilla	32
Fig. 17 Diagrama de deformación de la cuchilla	33
Fig. 18 Diagrama de cargas en el plano XZ,	38
Fig. 19 Diagrama de cargas en el plano XY,	39
Fig. 20 Diagramas de fuerzas y de momentos en el plano XZ.	40
Fig. 21 Diagramas de fuerzas y de momentos en el plano XY.....	40
Fig. 22 Esfuerzo de Von de Mises sobre el eje principal.....	44
Fig. 23 Desplazamiento generado sobre el eje principal.	45
Fig. 24 Diagrama de deformación sobre el eje principal	45
Fig. 25 Esfuerzo de Von de Mises sobre la estructura de las carcasas.	47
Fig. 26 Desplazamiento generado sobre la estructura de las carcasas.	48
Fig. 27 Diagrama de deformación sobre la estructura de las caracas.	48

Índice de Tablas

Tabla 1. Principales componentes del tallo de caña de azúcar.....	4
Tabla 2. Principales componentes del tallo de caña de azúcar.....	5
Tabla 3. Proceso de picado	9
Tabla 4. Parámetros de selección de alternativas.....	20
Tabla 5. Costos de materiales de materia prima	49
Tabla 6. Costos de materiales normalizados,	50
Tabla 7. Costos de mano de obra.....	51
Tabla 8. Costo total de la máquina.....	52

Resumen

El proyecto plantea el diseño y construcción de una máquina picadora de hierba y caña para alimentar el ganado vacuno en el sector el porvenir perteneciente a la parroquia Gualea, tiene como objetivo mejorar el proceso de producción de alimento para reses de leche.

El capítulo uno se refiere a definiciones básicas acerca de la caña de azúcar, seguidamente del proceso de picado, también se puede encontrar los tipos de máquinas picadoras que existen en el campo de la agricultura, y presenta también conceptos básicos sobre los materiales a utilizar para la construcción de la máquina picadora.

El capítulo dos da a conocer sobre la selección de alternativas para elegir una máquina adecuada basado en algunos parámetros como costos, mantenimiento, montaje, materiales, manejo, construcción y lo más importante que es la seguridad de al momento de operar la máquina. En este capítulo están las principales fórmulas a utilizar para realizar el cálculo necesario para la construcción de la máquina.

El capítulo tres da a conocer el desarrollo de cálculos para el diseño de la máquina picadora, para previos cálculos se necesita la fuerza necesaria para picar la caña de azúcar y la hierba, la maquina será diseñada para una capacidad de 500 kg/h. El proyecto está compuesto por un motor trifásico, un volante o también llamado porta cuchillas, las cuchillas de corte fijo y móvil se les agrego tratamiento térmico para aumentar la vida útil del filo de las cuchillas, las carcasas principales y elementos de seguridad para evitar accidente al operario.

El capítulo cuatro presenta los costos de la máquina picadora al momento de terminar nuestro proyecto.

Palabras clave: tratamiento térmico, motor trifásico, fuerza de corte, agricultura, tipos de máquinas picadoras.

Abstract

The project proposes the design and construction of a grass and cane chopping machine to feed cattle in the sector the future belonging to the parish Gualea, aims to improve the process of production of feed for dairy cattle.

Chapter one, refers to basic definitions of sugar cane, followed by the chopping process, you can also find the types of chopping machines that exist in the field of agriculture, and also presents basic concepts on the materials to use for the construction of the mincing machine.

Chapter two, provides information on the selection of alternatives to choose a suitable machine based on some parameters such as costs, maintenance, assembly, materials, handling, construction and most importantly the safety at the time of operating the machine. In this chapter are the main formulas to be used to perform the calculation necessary for the construction of the machine.

Chapter three, calculations were developed for the design of the mincing machine, for previous calculations the force necessary to chop the sugarcane and the grass is needed, the machine will be designed for a capacity of 500 kg / h. The project consists of a three-phase motor, a flywheel or also called blade holders, fixed and mobile cutting blades with a heat treatment, the main housings and safety elements to avoid accident to the operator.

Chapter four presents the costs of the mincing machine at the end of our project.

Keywords: thermal treatment, three - phase motor, cutting force, agriculture, types of mincing machines.

Generalidades

Objetivo general:

Diseñar y construir una máquina picadora de hierba y caña con una capacidad de 500 kg/h.

Objetivos específicos:

- Identificar las características físicas y mecánicas de la caña de azúcar.
- Seleccionar el equipo necesario acorde a las necesidades de la región, mediante selección de alternativas.
- Establecer el comportamiento mecánico de todos los mecanismos que constituyen el equipo seleccionado.
- Construir una máquina picadora de caña con una capacidad de 500 kg/h.
- Verificar la capacidad real de la máquina picadora en base a pruebas en el sitio.
- Realizar el análisis financiero de la máquina picadora.

Introducción

La comunidad del el porvenir perteneciente a la parroquia Gualea es un sector dedicado a la producción ganadera y agrícola obteniendo de estos, ingresos económicos para cada familia del sector, en la que se ha visto la necesidad de aprovechar el cultivo de caña de azúcar en la época de verano, para generar una mayor cantidad de alimento al ganado vacuno lechero.

Actualmente el trabajo del picado de la hierba y la caña se viene realizando en forma manual con un machete, este trabajo toma un tiempo aproximado de 5 minutos por res, cada familia del sector tiene un promedio de 30 a 50 reses de leche y este trabajo deben realizar por la mañana y en la tarde, esto implica 10 minutos por cada res. La hierba que existe en la zona es la bracararia, el gramalote y el pasto miel estos pastos aportan un 36% de nutrientes para las reses, razón por la cual deben picar la hierba con caña, mezclar con sales minerales y otros nutrientes para que eleve la producción de leche. Esta labor la desarrollan todos los habitantes de la comunidad El Porvenir, aproximadamente unas 25 familias. La elaboración de una máquina picadora de pasto es únicamente para el consumo interno de los ganaderos de la zona.

Lo que se desea para el ganadero de la zona es picar hierba y caña de azúcar en un promedio de 500kg una vez por semana, este cultivo picado será mezclado con otros nutrientes para mejorar la calidad de alimentación, razón por la cual se fabricará una máquina con una capacidad de picado de 500Kg/h. con un motor de 3Hp. trifásico.

A partir de la selección de alternativas y tomando en cuenta las necesidades del sector el Porvenir se lleva a cabo la construcción de la máquina picadora con los conocimientos obtenidos.

Capítulo 1

1.1 Propiedades de la caña de azúcar

1.1.1 Caña de azúcar

[1] afirma que, la caña de azúcar es una planta cubierta de hojas también llamadas gramínea son originarias de Nueva Guinea, con el pasar del tiempo se fue extendiendo a Asia y otros países tropicales y subtropicales.

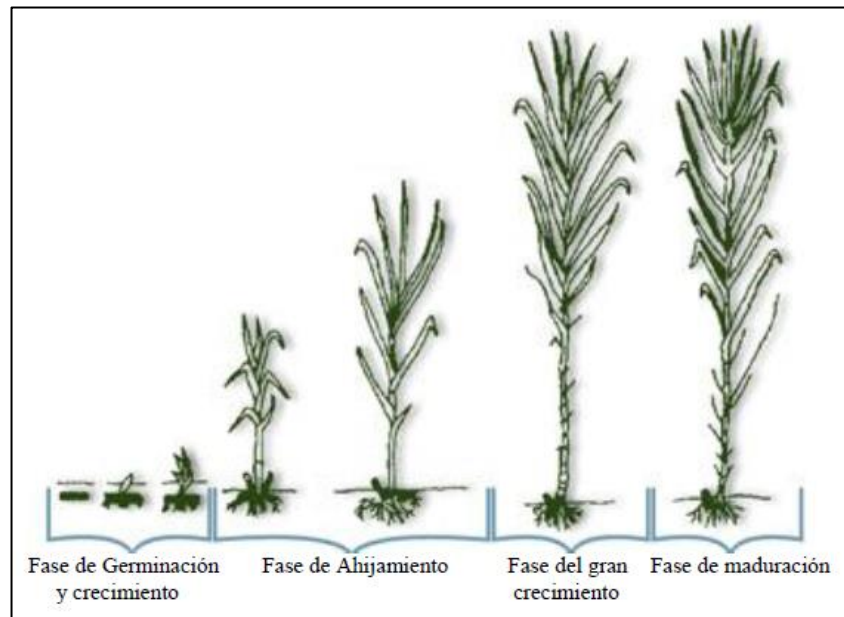


Fig. 1 Cultivo de caña de azúcar [1].

[1] afirma que, el clima apropiado para su siembra son los climas tropicales y en ocasiones también se da en los subtropicales; teniendo en cuenta que los suelos deben ser ricos en calcio.

[2] concluye que, esta planta gramínea produce más energía por unidad de superficie que cualquier otro cultivo; la caña de azúcar es reconocida en todo el mundo como un recurso forrajero para varias aplicaciones en el campo agropecuario.

En su respectivo ciclo de crecimiento se dan algunas modificaciones en el físico de la caña de azúcar: como una de la modificación principal se nota claramente que crece de manera vertical su tallo y a la vez aumenta su diámetro con relación a las hojas que rodea hasta llegar a su lignificación también llamando proceso final del periodo

de crecimiento celular, al finalizar este proceso culmina con el aumento de azúcar en el jugo de la planta.

1.1.2 La raíz

[3] coincide que, la raíz de la caña de azúcar se podría considerar como de tipo robusto recubierto de fibras, la raíz de la caña de azúcar tiene un promedio de longitud de 100 cm, cabe recalcar que la raíz absorbe los distintos minerales y el agua que se encuentran en el suelo, otra de su característica es mantener firme a la planta sobre el suelo.

1.1.3 El tallo

[3] establece que, el tallo de la caña de azúcar crece de forma vertical con respecto a la raíz, el tallo está compuesto por entrenudos y nudos. La longitud de los entrenudos varía con el desarrollo del tallo de la caña de azúcar. El tallo de la caña se divide en dos partes principales que son una parte sólida también llamada fibra y como segundo elemento es la parte líquida, el cual contiene el jugo de la caña de azúcar y seguidamente el dulce del mismo. En el tallo se encuentran varias sustancias en proporciones muy pequeñas que se podrán observar en la tabla 1. En conformidad con las partes, evoluciona de acuerdo con las características climáticas del sector y las condiciones externas al medio ambiente. Como método de cultivo y lluvia artificial mejor conocida como riego

Tabla 1

Elementos del tallo de la caña de azúcar [3].

Componente	% del tallo
agua	73-73%
sacarosa	8-15%
fibra	11-16%

[3] establece que, cuando se aplica un proceso de forma industrial el jugo dulce de la caña de azúcar cambia de estado, llamado cristalización, al momento de ser procesado por la máquina picadora se denomina bagazo que es la cascara del tallo de

la caña de azúcar. Este proceso de picado clasifica los diferentes tipos de minerales que se encuentran detallados en la tabla 2.

Tabla 2
Principales componentes del tallo de caña de azúcar [3]

Componente	% del juego
Glucosa	0,2-0,6%
Fructosa	0,2-0,6%
Sales	0,3-0,8%
Ácidos orgánicos	0,1-0,8%
Otros	0,3-0,8%

1.1.4 La hoja

[3] afirma que, el aspecto físico llega a tener forma de vaina, tiene como objetivo proteger a la yema, la hoja de la caña de azúcar nace en los entrenudos del tallo. Con el crecer de la caña de azúcar las hojas de la parte inferior caen e inmediatamente son reemplazadas con nuevas hojas que nacen de los nudos superiores.

1.2 Tipos de picadoras

[1] confirma que, Las máquinas picadoras son de gran ayuda, ya que facilita a los agricultores trabajar directamente sobre el cultivo de una forma rápida y segura. Las maquinas picadoras se dividen en dos grupos:

- Máquinas picadoras estacionarias
- Máquina picadoras de campo

Las máquinas estacionarias son denominas así ya que prácticamente en su totalidad solo pican material cosechado al contrario de las máquinas de campo que utilizan para picar material verde.

1.2.1 Máquinas picadoras sopladoras estacionarias

[1] establece que, Esta máquina se caracteriza por picar material seco cosechado. Son llamadas máquinas sopladoras ya que tienen en la porta cuchillas unas paletas, las cuales hacen que el material picado sea empujado por la fuerza de giro hacia el tubo de conducción que lleva a las instalaciones de alimentación del animal.

Estas máquinas por lo general están compuestas de:

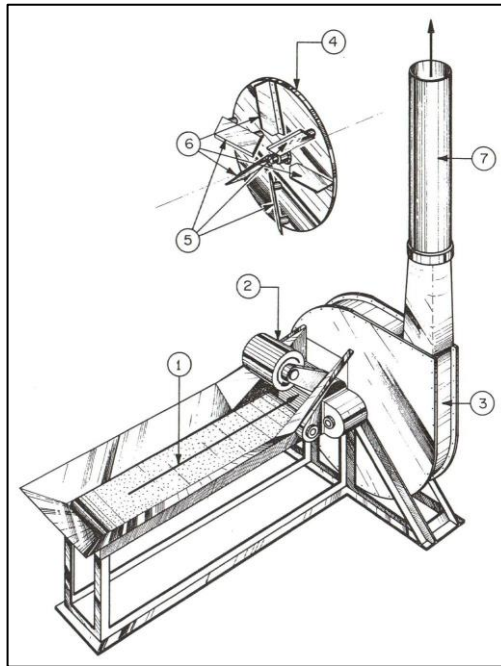


Fig. 2 Máquinas picadoras-sopladoras estacionarias [1].

- Una banda transportadora para llevar la cosecha hacia la unidad de alimentación
- Una carcasa que sirve prácticamente como una caja sopladora. Llega a ser de tal forma una bomba centrífuga, la cual ayuda a expulsar el material picado hacia su salida.
- Tiene un volante o también llamado la porta cuchillas el cual está compuesto con unas paletas que ayudan el empuje del material picado.
- Está compuesto por tres cuchillas móviles.
- Un tubo para llevar el material picado al lugar indicado.

Las máquinas picadoras estacionarias son utilizadas con frecuencia para picar material henificado esto es un proceso de conservación del forraje.

El filo de las cuchillas deben ser afiladas mediante un periodo de trabajo. Al momento de instalar las cuchillas, se debe ubicar con el mínimo espacio entre la cuchilla de fija y las cuchillas móviles.

1.2.2 Máquinas picadoras sopladoras de campo

Las máquinas picadoras de campo se pueden dividir en:

- Máquinas de picado directo
- Máquinas de picado indirecto.

Las de picado directo cortan la hierba en pie, al mismo instante la cortan y es expulsada por un solo mecanismo.

Las de picado indirecto se distinguen porque se puede cambiar el mecanismo de cortes por un recogedor de cultivos, esta se caracteriza por ser una máquina más versátil.

1.2.3 Máquinas picadoras-sopladoras de acción simple

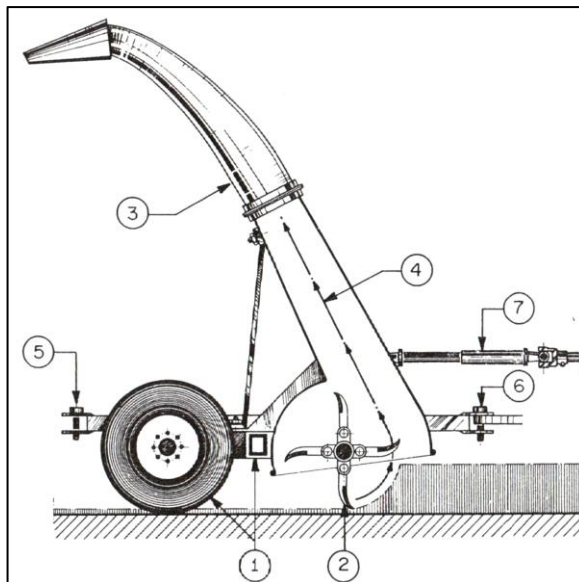


Fig. 3 Máquinas picadoras sopladoras de acción simple [1].

Estas máquinas están compuestas por diferentes elementos como:

1. Chasis con ruedas de caucho.
2. Mecanismo operativo.
3. Tubo de conducción.
4. Flujo del material.
5. Agujero para remolque.
6. Enganche para tractor.
7. Eje de la toma fuerza.

Los martillos realizan el proceso de corriente de aire para trasportar el material picado por el tubo de conducción.

Por lo general estas máquinas son utilizadas únicamente para cortar pasto de muy baja longitudes.

1.2.4 Máquinas picadoras-sopladoras de acción doble

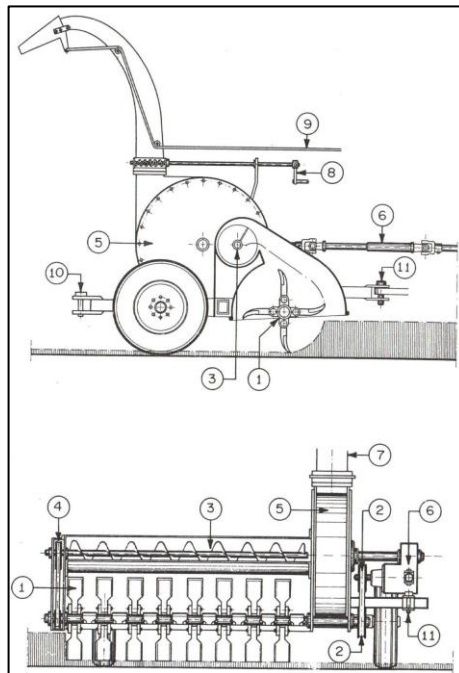


Fig. 4 Máquinas picadoras sopladoras de acción doble [1].

Estas máquinas están compuestas por diferentes elementos como:

1. Rotor de martillos
2. Mando del rotor
3. Dirección
4. Mando de la dirección
5. Cabezal
6. Mando del cabezal
7. Tubo de dirección
8. Giro del tubo
9. Ajuste de la salida
10. Agujero del remolque
11. Enganche al tractor

1.3 Proceso de picado

Con el pasar del tiempo la operación del picado ha llegado a tomar mucha fuerza en el campo agrícola. Existen muchos factores que favorecen obtener una máquina picadora, algunos de los factores principales son:

- El ganado vacuno lechero gasta menos energía al momento de mordisquear el alimento y transportarse para ingerirlo en el campo.
- El forraje picado tiene una mayor facilidad al momento de transportar.
- Otros de los grandes beneficios es el grado de digestión, entre más pequeño sea el forraje, menor tiempo lleva digerir para el animal su alimento y esto hace que el animal consuma el forraje picado con mayor frecuencia.
- Con el forraje picado se puede implementar sistemas automatizados para el transporte del alimento.

La longitud de corte del forraje depende de 3 factores importantes que son:

- La cantidad de cuchillas sobre el portacuchillas.
- El ajuste entre la cuchilla fija y las cuchillas móviles.
 - La velocidad de ingreso de la caña de azúcar o hierba por la tolva.

Tabla 3

Proceso de picado realizado por [4]

INGRESO	EFEECTO
A menor velocidad de ingreso de la caña o hierba	La longitud de corte es pequeña
A mayor velocidad de giro de las cuchillas	La longitud de corte es pequeña
A mayor cantidad de cuchillas	La longitud de corte es pequeña
A mayor velocidad de ingreso de la caña o hierba	La longitud de corte es grande
A menor velocidad de giro de las cuchillas	La longitud de corte es grande
A menor número de cuchillas	La longitud de corte es grande

1.4 Componentes de la picadora

1.4.1 Motor

Un motor es una máquina eléctrica que transforma la energía eléctrica en energía mecánica. Los motores pueden ser de tres diferentes clases como son:

- Motores eléctricos
- Motores a Diesel
- Motores a gasolina

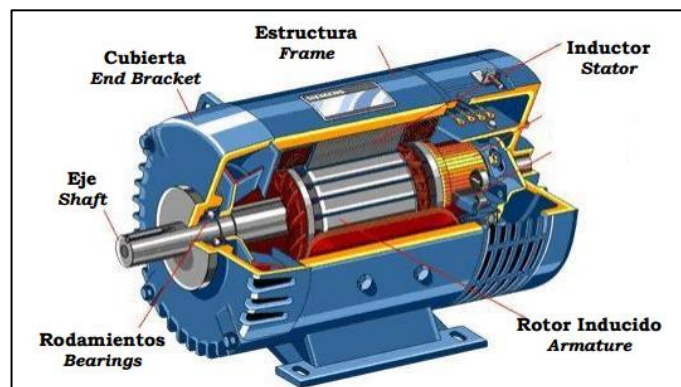


Fig. 5 Motor eléctrico [5]

1.4.2 Chumacera

[6] afirma que, La chumacera es un dispositivo que ayuda al soporte del eje en un movimiento rotatorio, está compuesto de una parte móvil y una parte fija. Suelen ser de plástico, aluminio, acero, acero inoxidable y otros materiales industriales. Pueden estar compuestas de un solo cuerpo, o en varios cuerpos.



Fig. 6 Chumacera [6].

Existen dos formas principales de escoger el tipo chumacera, las cuales se realizan mediante tablas normalizadas y mediante la fórmula siguiente:

$$L = L_R \left(\frac{C}{F_R} \right)^{3.33}$$

Ec.1-1 [7]

Donde:

C= Capacidad aparente

L_R = Vida adecuada para la capacidad aparente

L= Vida útil aparente

F_R = Carga radial de la aplicada

1.4.3 Polea

[8] afirma que, Una polea es considerada una rueda con una ranura en su parte tangencial, que gira alrededor de un propio eje, son usualmente utilizadas juntamente con las bandas o correas.

1.4.4 Banda

[8] afirma que, las bandas también llamadas correas son elementos que se utilizan para transmitir movimiento de un sitio a otro mediante dos ejes paralelos, por lo general las bandas son de materiales flexibles y resistentes como el caucho.




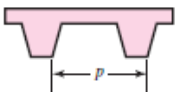
Tipo de banda	Figura	Unión	Intervalo de tamaños	Distancia entre centros
Plana		Sí	$t = \begin{cases} 0.03 \text{ a } 0.20 \text{ pulg} \\ 0.75 \text{ a } 5 \text{ mm} \end{cases}$	No hay límite superior
Redonda		Sí	$d = \frac{1}{8} \text{ a } \frac{3}{4} \text{ pulg}$	No hay límite superior
Tipo V		Ninguna	$b = \begin{cases} 0.31 \text{ a } 0.91 \text{ pulg} \\ 8 \text{ a } 19 \text{ mm} \end{cases}$	Limitada
De sincronización		Ninguna	$p = 2 \text{ mm y mayor}$	Limitada

Fig. 7 Características de los tipos de bandas [9].

$$\theta_d = \pi - 2 * \text{sen}^{-1} \frac{D - d}{2c}$$

Ec.1-2 [9].

$$\theta_D = \pi - 2 * \text{sen}^{-1} \frac{D - d}{2c}$$

Ec.1-3 [9].

$$L = \sqrt{4c^2 - (D - d)^2} + \frac{1}{2}(D\theta_D + d\theta_d)$$

Ec.1-4 [9].

Donde:

D= Diámetro máximo de la polea.

d= Diámetro mínimo de la polea.

c= distancia entre centros de ejes.

L= longitud de banda

θ_D, θ_d = mayor longitud entre puntos tangentes

1.4.4.1 Tipos de bandas

- Correas planas o bandas.
- Correas trapezoides o en V.
- Correa con múltiples poleas y escalonadas.

1.4.5 Tipos de conexiones

1.4.5.1 Soldadura

[10] afirma que, algunas de las uniones estructurales son realizadas mediante proceso de soldadura por lo general este tipo de soldadura es de arco eléctrico, lo que genera una fuente calor mediante un electrodo con el fin de unir dos materiales.

De acuerdo con [10], para obtener un cordón de soldadura debidamente correcto se debe tomar en cuenta algunos parámetros fundamentales para el proceso de soldadura.

- Ángulo adecuado.

- Limpiar el material a soldar y así evitar que el material base este contaminado (libre de grasas y polvos).
- Retirar escoria y realizar un martilleo después de finalizar el cordón para aliviar tensiones sobre la estructura.
- Su enfriamiento debe ser lento para evitar la cristalización del material y formación de estructuras duras.

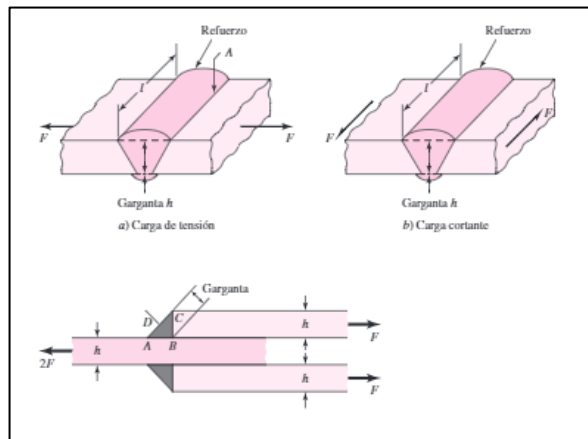


Fig. 8 Tipos de uniones [9]

$$\sigma = \frac{F}{hl}$$

Ec.1-5 [9].

DONDE:

F= Carga de tensión

h= Garganta de soldadura

l= Longitud de soldadura

1.4.5.2 Pernos, tuercas y tornillos

[11] confirma que, los pernos, tuercas y tornillos son uniones convencionales utilizados para unir dos elementos diferentes desmontables en el campo industrial. Estos tipos de elementos son normalizados y poseen una alta variedad para diferentes tipos de sujeción utilizadas en el campo.

1.4.5.3 Chavetas, pasadores y collares

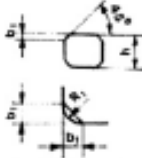
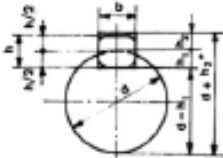
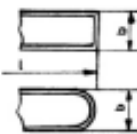
[12] asegura que, las chavetas, pasadores y collares son elementos empleados de manera frecuente en la unión de dos elementos diferentes, cabe recalcar que son elementos normalizados, estos son:

- Poleas en V y poleas dobles en V
- Ruedas dentadas
- Volantes sobre ejes.

Pasadores
y chavetas

CHAVETAS PARALELAS
SERIE NORMAL

TABLA 18. 13

Dimensiones en mm.

/De UNE 17.102 h

CHAVETA								
Sección <i>b</i> × <i>h</i>	Ancho <i>b</i>		Altura <i>h</i>		Chafilán <i>b</i> ₁		Longitud <i>l</i>	
	Normal	Toler. <i>h</i> ₉	Normal	Toler. <i>h</i> ₉ y <i>h</i> ₁₁	Mínima	Máxima	De...	...a
4 × 4	4	0	4	0	0,16	0,25	8	45
5 × 5	5	0	5	0	0,25	0,40	10	56
6 × 6	6	−0,030	6	−0,030	0,25	0,40	14	70
8 × 7	8	0	7		0,25	0,40	18	90
10 × 8	10	−0,036	8		0,40	0,60	22	110
12 × 8	12		8	0	0,40	0,60	28	140
14 × 9	14	0	9	−0,090	0,40	0,60	36	160
16 × 10	16	−0,043	10		0,40	0,60	45	180
18 × 11	18		11		0,40	0,60	50	200
20 × 12	20		12		0,40	0,80	66	220
22 × 14	22	0	14	0	0,60	0,80	63	250
25 × 14	25	−0,052	14	−0,110	0,60	0,80	70	280
28 × 16	28		16		0,60	0,80	80	320
32 × 18	32		18		0,60	0,80	90	360
36 × 20	36	0	20		0,60	1,20	100	400
40 × 22	40	−0,062	22	0	1,00	1,20	—	—
45 × 25	45		25	0,130	1,00	1,20	—	—
50 × 28	50		28		1,00	1,20	—	—
56 × 32	56		32		1,00	2,00	—	—
63 × 32	63	0	32		1,60	2,00	—	—
70 × 36	70	−0,074	36	0	1,60	2,00	—	—
80 × 40	80		40	−0,160	2,50	3,00	—	—
90 × 45	90	0	45		2,50	3,00	—	—
100 × 50	100	−0,087	50		2,50	3,00	—	—

CHAVETERO												
Diámetro del eje <i>d</i>	Sección de la chaveta	Ancho <i>b</i> , tolerancia					Profundidad				Chafilán <i>R</i> ₁	
		Nominal	Clase de ajuste del enchavetado				Eje <i>h</i> ₇		Cubo <i>h</i> ₇			
			Libre				Nominal	Toler.	Nominal	Toler.	Mín.	Máx.
			Eje <i>h</i> ₉	Cubo <i>D</i> 10	Eje <i>N</i> 9	Cubo <i>Js</i> 9						
Más de	hasta	<i>b</i> × <i>h</i>					Eje y cubo <i>pg</i>					
10	12	4 × 4	4		0	−0,012	2,5	1,8			0,08	0,16
12	17	5 × 5	5	+0,030	+0,078	−0,042	3	2,3	+0,1	0	0,16	0,25
17	22	6 × 6	6	0	+0,030	−0,030	3,5	2,8			0,16	0,25
22	30	8 × 7	8	+0,036	+0,096	0	4	3,3			0,16	0,25
30	38	10 × 8	10	0	+0,040	−0,036	5	3,3			0,25	0,40
38	44	12 × 8	12				5	3,3			0,25	0,40
44	50	14 × 9	14	+0,043	+0,120	0	5,5	3,8			0,25	0,40
50	58	16 × 10	16	0	+0,050	−0,043	6	4,3			0,25	0,40
58	65	18 × 11	18				7	4,4	+0,2	0	0,25	0,40
65	75	20 × 12	20				7,5	4,9	0	0	0,40	0,60
75	85	22 × 14	22	+0,062	+0,149	0	9	5,4			0,40	0,60
85	95	25 × 14	25	0	+0,065	−0,062	9	5,4			0,40	0,60
95	110	28 × 16	28				10	6,4			0,40	0,60
110	130	32 × 18	32				11	7,4			0,40	0,60
130	150	36 × 20	36	+0,062	+0,180	0	12	8,4			0,70	1,00
150	170	40 × 22	40	0	+0,080	−0,062	13	9,4			0,70	1,00
170	200	45 × 25	45				15	10,4			0,70	1,00
200	230	50 × 28	50				17	11,4			0,70	1,00
230	260	56 × 32	56				20	12,4	+0,3	0	0,70	1,00
260	290	63 × 32	63	+0,074	+0,220	0	20	12,4	0	0	1,20	1,60
290	330	70 × 36	70	0	+0,100	−0,074	22	14,4			1,20	1,60
330	380	80 × 40	80				25	15,4			2,00	2,50
380	440	90 × 45	90	+0,087	+0,260	0	28	17,4			2,00	2,50
400	500	100 × 50	100	0	+0,120	−0,087	31	19,5			2,00	2,50

Fig. 9 Tabla para la selección de chavetas[12].

1.4.5.4 Remachado

[13] afirma que, En la actualidad este tipo de unión ya no es utilizado ya que requiere mucho tiempo y requiere una mayor cantidad de material. Cabe recalcar que las uniones realizadas por estos procesos son frágiles

1.4.6 Estructura

De acuerdo con [14] la estructura es conocida como chasis, por lo general está compuesto por perfiles estructurales, tiene como objetivo soportar las diferentes cargas a las que se somete en el funcionamiento estático y dinámico.

Por lo general las piezas están compuestas de acero fundido y de partes de acero prensado. Estos materiales por lo general son normalizados por normas internacionales. Una de las características de los perfiles estructurales es:

- Las barras de forma plana son frecuentemente utilizadas para la fabricación de estructuras, las barras planas son utilizadas en la industria, ya que soportan cargas en el eje longitudinal.
- Los diferentes tipos de perfiles son utilizados para la fabricación de estructura esquelética, los cuales están diseñados para soportar cargas de tensión, presión y flexión, sobre la estructura fabricada.
- Los tubos soportan cargas combinadas, de torsión, tensión y presión, sobre su propio eje.
- Este tipo de perfiles estructurales permiten una construcción rápida, fuerte y dan a la estructura una presentación agradable.

Capítulo 2

2.1 Parámetros para la selección de alternativas

2.1.1 Costos

El costo de la máquina es un parámetro importante ya que debe estar dentro de un presupuesto moderado, sin descuidar la calidad de los materiales que la componen

2.1.2 Mantenimiento

La máquina debe presentar un mantenimiento fácil y rápido, sin presentar costos elevados al momento de realizarlo.

2.1.3 Montaje

El montaje debe ser rápido, sin presentar complicaciones al momento de enlazar los componentes de la máquina.

2.1.4 Materiales

Los materiales deben cumplir las características del ambiente donde se va instalar y a la vez deben ser de fácil obtención en el mercado

2.1.5 Manejo de la máquina

La manipulación de la máquina debe ser sencilla y comprensible para el operador.

2.1.6 Construcción

El parámetro de la construcción nos brinda la destacada opción al momento de la selección de alternativas para proceder a su construcción.

2.1.7 Seguridad

Parámetro que debe predominar en la manipulación de la máquina y su contorno.

Los parámetros para realizar nuestra selección de alternativas fueron guiados de [15].

2.2 Selección de alternativas

Alternativa 1

Partes

Motor eléctrico 3hp

Eje motriz

Lamina A-36

3 cuchillas K100

1 cuchilla fija K100

Portacuchillas fundido C40

Polea-banda

Ventajas

- Las cuchillas tienen una alta resistencia al desgaste.
- Fácil mantenimiento.
- Fácil desmontaje.
- Bajo costo de mantenimiento y construcción.
- Fácil transportación.
- Amigable con el medio ambiente.

Desventajas

- Necesita un voltaje de 220 V, ya que en algunos sectores no disponen de esta capacidad eléctrica.

Alternativa 2

Partes

Motor diésel 3hp

Eje motriz

Lámina A-36

3 cuchillas móviles K100

1 cuchilla fija K100

Piñon – cadena

Ventajas

- No se necesita energía eléctrica
- Las cuchillas tienen una alta resistencia al desgaste
- Produce un buen torque al arranque del motor
- Combustible económico.

Desventajas

- Ruido excesivo.
- Llantas ruidosas.
- Mayor costo de mantenimiento y construcción.
- Dificultad al desmontaje.
- El motor a diésel no es amigable con el medio ambiente.
- Falta de conocimiento para los operarios de la máquina.

Alternativa 3

Partes

Motor a gasolina 3hp

Llantas de plásticos

Lámina A-36

3 cuchillas K100

1 cuchilla fija K100

Piñon – cadena

Ventajas

- Las cuchillas tienen alta resistencia al desgaste.
- Produce buen torque al arranque del motor.
- Llantas sumamente silenciosas.

Desventajas

- El motor a gasolina no es contaminante al medio ambiente.
- Difícil translación de la máquina por el material de sus ruedas.
- Mantenimiento de la transmisión piñón cadena es de mayor costo.

Los parámetros serán calificados del 1 al 5. Siendo el 1 una valoración no óptima o pésima y el número 5 siendo una valoración óptima o buena.

Tabla 4

Parámetros de selección de alternativas realizado por [4]

PARAMETROS A EVALUAR	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
COSTO	5	3	4
MANTENIMIENTO	5	3	3
MONTAJE	4	3	3
MATERIALES	5	4	4
MANEJO	5	3	4
CONSTRUCCION	5	4	4
SEGURIDAD	4	3	4
TOTAL	33	23	26

Mediante la selección de alternativas se pudo determinar que, la mejor opción para la construcción es la alternativa 1, ya que obtuvo mayor puntaje en los cinco parámetros importantes para su respectiva construcción.

El cual la alternativa 1 está compuesta por:

- Motor eléctrico 3hp
- Lamina A-36
- 3 cuchillas móviles K100
- 1 cuchilla fija K100
- Polea-banda

2.3 Fórmulas

2.3.1 Diseño de ejes bajo cargas estáticas.

Esfuerzo a flexión en elementos circulares

$$\sigma = \frac{32 M}{\pi d^3}$$

Ec.2-1 [9]

Esfuerzo de torsión en elementos circulares.

$$\tau = \frac{16 T}{\pi d^3}$$

Ec.2-2 [9]

Teoría de la energía de alteración.

$$[\sigma]_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma]$$

Ec.2-3 [9]

$$[\sigma] = \frac{S_y}{F_s}$$

Ec.2-4 [9]

Donde:

T : Torque máximo [N.m].

F_s: Factor de diseño.

σ : Esfuerzo normal [MPa].

M : Momento máximo [N.m].

τ : Esfuerzo cortante [MPa].

S_y : Esfuerzo de fluencia.

2.3.2 Diseño de fatiga

$$[\sigma] = \frac{S_e}{F_s}$$

Ec.2-5 [9]

Donde:

S_e: límite de resistencia a la fatiga.

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e$$

Ec.2-6 [9]

Donde:

k_a : Factor de modificación de la condición superficial.

k_b : Factor de modificación del tamaño.

k_c : Factor de modificación de la carga.

k_d : Factor de modificación de la temperatura.

k_e : Factor de modificación de confiabilidad.

k_f : Factor de modificación de efectos varios.

S_e : Limite de resistencia a la fatiga en la ubicación critica de una parte de la maquina en la geometría y condición de uso.

S'_e : Limite de resistencia a la fatiga en viga giratoria.

$$K_a = aS_{ut}^b$$

Ec.2-7 [9]

Por medio de la siguiente Fig.10 muestra los parámetros a y b.

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{ut} , kpsi	S_{ut} , MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

Fig. 10 Parámetros en el factor de la condición superficial [9].

Por medio de la Fig.11 muestra el factor de tamaño dependiendo el diámetro del eje para analizar la fatiga.

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

Para carga axial no hay efecto de tamaño, por lo cual

$$k_b = 1$$

Fig. 11 Factor de tamaño [9].

Kc : Factor del tipo de carga.

$$Kc = \left\{ \begin{array}{ll} 1 & \text{Flexión} \\ 0.85 & \text{Carga axial} \\ 0.59 & \text{Torsión} \end{array} \right\}$$

Ec.2-8 [9]

Kd : Factor de temperatura.

$$Kd = \frac{ST}{SRT}$$

Ec.2-9 [9]

Donde:

ST: Resistencia a la tensión en la temperatura de operación.

SRT: Resistencia a la tensión a temperatura ambiente.

Por medio de la fig.12 se encuentra el factor de la temperatura en grados centígrados y Fahrenheit

Temperatura, °C	S_T/S_{RT}	Temperatura, °F	S_T/S_{RT}
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

Fig. 12 Efecto de la temperatura de operación en la resistencia a la tensión de acero [9].

Ke: Factor de confiabilidad

$$Ke = 1 - 0.08 Za$$

Ec.2-10 [9]

Kf: Factor de efectos varios

$$Kf = 1 + q(K_t - 1)$$

Ec.2-11 [9]

Donde:

q = factor de sensibilidad

K_t = Factor de concentración del esfuerzo.

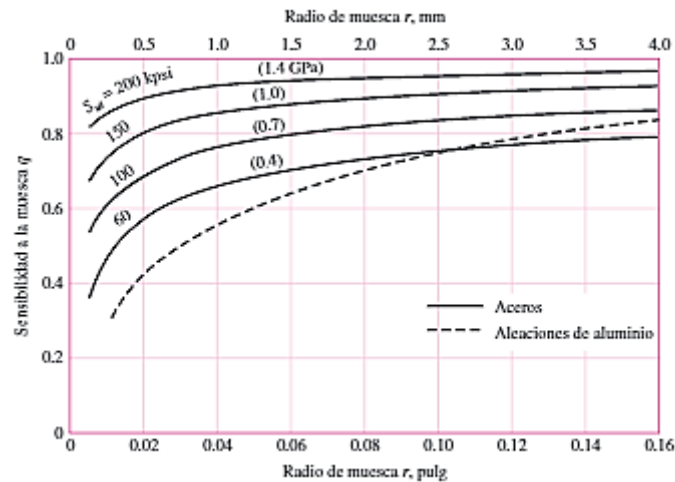


Fig. 13 Sensibilidad a la muesca en el caso de aceros y aleaciones de aluminio forjado [9].

Teoría de diseño de cuchillas

Momento

$$M = Fc * L$$

Ec.2-12 [12]

Donde:

Fc= fuerza de corte

L= longitud de la cuchilla

Momento de inercia

$$M = I * \alpha$$

Ec.2-13 [12]

Donde:

I= inercia del martillo

α = aceleración angular

Inercia de la cuchilla

$$I = \frac{1}{3} mL^2$$

Ec.2-14 [12]

Donde:

M= masa de la cuchilla

L= longitud de la cuchilla

Velocidad angular en el movimiento circular

$$W^2 = W_o^2 + 2\alpha (\theta - \theta_o)$$

Ec.2-15 [12]

Donde:

W_o velocidad angular inicial

W= velocidad angular final

α = aceleración angular

θ_o = recorrido inicial

θ = recorrido final

Capítulo 3

3.1 Cálculos

3.1.1 Diseño de la tolva de entrada

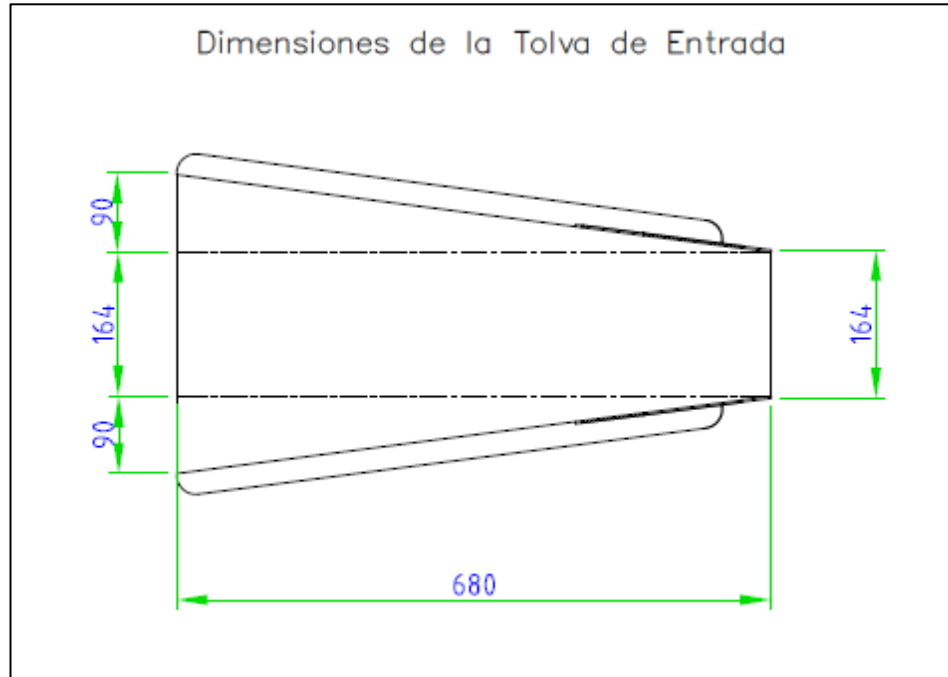


Fig. 14 Dimensiones de la bandeja de alimentación realizada por [4].

El diseño depende de la cantidad de hierba picada necesaria ya que su capacidad es de 500 kg / h.

$$A_{base} = 164 \text{ mm}^2$$

$$A_{base} = 26896 \text{ mm}^2$$

$$A_{base} = 268.9 \text{ cm}^2$$

$$A_1 = \frac{b \times h}{2}$$

$$A_1 = \frac{680 \times 90}{2} = 306000 \text{ mm}^2$$

$$A_1 = 306 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = \frac{680 \times 90}{2} = 306000 \text{ mm}^2$$

$$A_1 = 306 \text{ cm}^2$$

$$A_1 + A_2 + A_{base} = 880.9 \text{ cm}^2$$

$$Volumen = A \times h$$

$$Volumen = 880.9 \text{ cm}^2 \times 5 \text{ cm}$$

$$Volumen = 4404.5 \text{ cm}^3 \times 0.5 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$Volumen = 2202.25 \text{ gr} = 2.20225 \text{ kg}$$

El Diseño propuesto de la tolva tiene una capacidad en volumen de $V = 4404.5 \text{ cm}^3$ y un peso aproximado de 3 kg.

3.1.2 Diseño de las cuchillas móviles

Al momento de girar el portacuchillas con las cuchillas móviles se genera la velocidad angular [W] con afinidad al centro de giro [O]. En el instante de ingresar la caña de azúcar o la hierba choca con las cuchillas móviles, esto hace que se genere un momento [M]. Este momento está dado por:

$$M = F_c \times L$$

Ec.2-12

El momento de inercia nos indican en [12] y está dado por:

$$M = I \times \alpha$$

Ec.2-13

La inercia de un cuerpo rectangular está dado por:

$$I = \frac{1}{3} \times m \times L^2$$

Ec.2-14

$$Ec. 2 - 12 = Ec. 2 - 13$$

$$F_c \times L = I \times \alpha$$

$$I = \frac{F_c \times L}{\alpha}$$

$$\frac{F_c \times L}{\alpha} = \frac{1}{3} \times m \times L^2$$

$$m = \frac{F_c \times 3}{\alpha \times L}$$

La velocidad angular obtenida en [1] es:

$$W = 178.02 \frac{rad}{s}$$

$$\alpha = \frac{W^2}{2 \times 2 \pi}$$

Ec.2-16 [16]

$$\alpha = \frac{(178.02)^2}{2 \times 2 \pi}$$

$$\alpha = 2521.91 \frac{rad}{s^2}$$

3.1.2.1 Diseño del radio de giro de la chuchilla móvil.

La energía necesaria para romper una caña de azúcar se obtuvo, utilizando un mecanismo y aplicando la ley de Charpy, donde se obtuvo que la energía necesaria para romper la caña de azúcar es:

$$E_{roptura} = m_{objeto} \times g \times h$$

Ec.2-17 [16]

$$E = 10.22 \text{ kg m}$$

$$E_{roptura} = E \times g$$

$$E_{roptura} = 10.22 \text{ kg m} \times 9.8 \frac{m}{s^2}$$

$$E_{roptura} = 100.15 \text{ J}$$

Cuando la cuchilla está girando alrededor de su eje y se impacta con la caña de azúcar se provoca una energía cinética donde:

$$E_{cinética} = \frac{1}{2} \times m_{caña} \times V^2$$

Ec.2-18 [16]

Se realizó una medición de peso, de trozos picados de caña para obtener un promedio, el cual salió 0.5 gramos por cada pedazo de caña.

$$m_{objeto} \times g \times h = \frac{1}{2} \times m_{grano} \times V^2$$

$$V = \sqrt{\frac{2 \times m_{objeto} \times g \times h}{m_{caña}}}$$

$$V = \sqrt{\frac{2 \times 450 \times 9.8 \times 0.15}{0.5}}$$

$$V = 51.439 \frac{m}{s}$$

Por lo tanto la velocidad tangencial está dado por [12] y dice que:

$$V = W \times R$$

Ec.2-19[12]

$$R = \frac{V}{W}$$

$$R = \frac{51.439 \frac{m}{s}}{178.02 \frac{rad}{s}}$$

$$R = 0.28 m$$

Se obtuvo un radio de giro aproximado del cual va del centro del portacuchillas hasta la cuchilla móvil.

La longitud de la cuchilla es un aproximado de 19 cm y se verificará con base a los cálculos.

Con la longitud propuesta de la cuchilla se obtiene la masa de la cuchilla móvil.

$$m = \frac{F_c \times 3}{\alpha \times L}$$

Ec.2-20 [16]

$$m = \frac{117.6 \times 3}{2521.91 \times 0.19}$$

$$m = 0.736 kg$$

Una vez obtenida la masa y la longitud de la cuchilla se pueden obtener las demás dimensiones mediante la fórmula obtenida de [12].

$$V_m = \frac{m}{\rho}$$

Ec.2-21[12]

La densidad del acero es de 7.85 gr/ cm³

El volumen de un cuerpo rectangular está dado por:

$$V = L \times a \times e$$

El espesor [e] de las cuchillas móviles es un aproximado del ancho necesario del picado de la caña por lo tanto e= 8 mm

Se iguala las dos fórmulas de volúmenes obteniendo un resultado de:

$$\frac{m}{\rho} = L \times a \times e$$

$$a = \frac{m}{\rho \times L \times e}$$

$$a = \frac{736}{7.85 \times 19 \times 0.8}$$

$$a = 6.16 \text{ cm}$$

Existen fuerzas presentes en la cuchilla las cuales se presentan a continuación.

3.1.2.2 Fuerza centrífuga

La ecuación de la fuerza centrífuga es obtenida de [12]:

$$F_c = m \times W^2 \times R$$

Ec.2-22[12]

$$F_c = 0.736 \times 178.02^2 \times 0.28$$

$$F_c = 6530.9 \text{ N}$$

3.1.2.3 Fuerza cortante

$$\tau = \frac{F_c}{A}$$

Ec.2-23[8]

$$A = 0.008 \times 0.019$$

$$A = 1.52 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\tau = \frac{6530.9 \text{ N}}{1.52 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$\tau = 42.96 \text{ MPa}$$

3.1.2.4 Factor de seguridad

$$n = \frac{S_y}{2 \tau}$$

Donde:

Sy = Esfuerzo a la fluencia

$$S_y = 0.65 S_{ut}$$

$$S_{ut} = 520 \text{ MPa}$$

$$S_y = 338 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{338}{2 \times 42.96}$$

$$n = 3.93$$

3.1.2.5 Análisis de elementos finitos de la cuchilla

Para comprobar que la cuchilla obtenida mediante cálculos trabajara de manera eficiente, se procede el análisis en el programa de SolidWorks, la carga estará distribuida por todo el filo de la cuchilla, teniendo en cuenta la resistencia al corte de la caña de azúcar. Con el siguiente análisis se determinará la tensión de Von Mises a la vez se podrá observar la deformación y el desplazamiento que la fuerza de corte provoca sobre las cuchillas. La fuerza de corte de la caña de azúcar es de 117.6 N.

- **Esfuerzo de Von Mises**

Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1

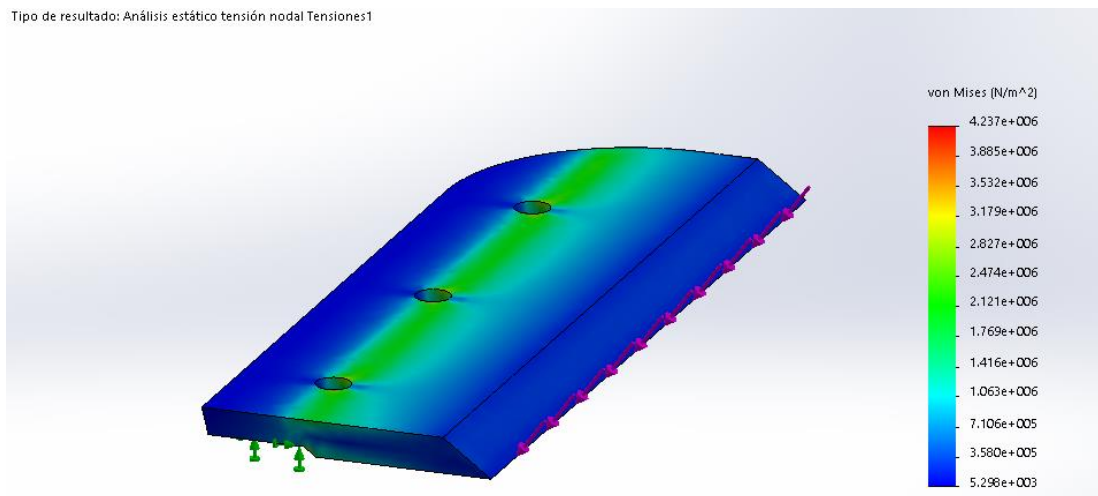


Fig. 15 Esfuerzo de Von de Mises a lo largo de la cuchilla realizado por[4].

En el análisis de esfuerzo de Von Mises se puede observar claramente que el mayor esfuerzo de Von Mises que soporta la cuchilla es de 1.7 KPa

- **Diagrama de Desplazamiento**

Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1

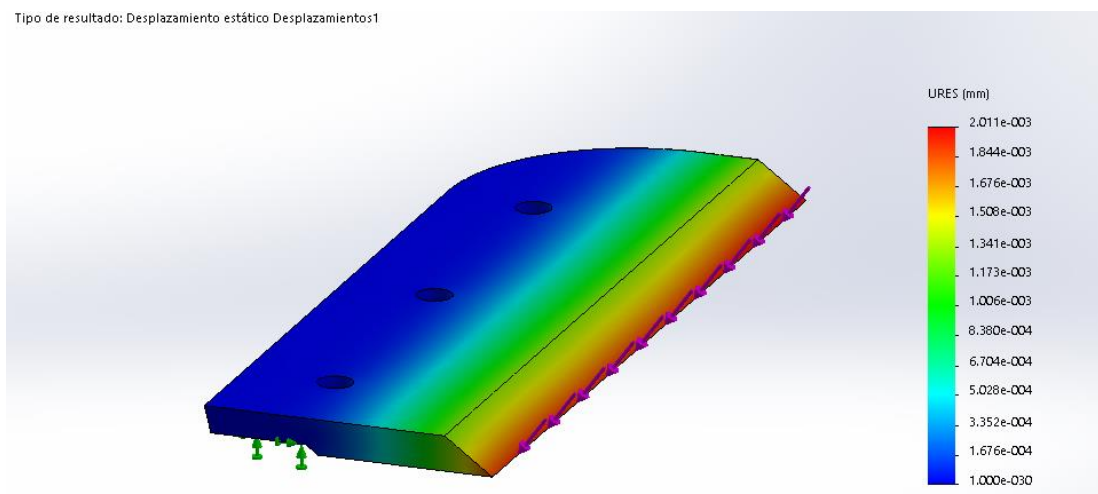


Fig. 16 Desplazamiento generado en el filo de la cuchilla realizado por [4].

En el análisis realizado se puede observar que el desplazamiento es de 0.1 mm. En el filo de la cuchilla donde impacta la caña de azúcar y la hierba, es notorio que el desplazamiento es mínimo pero cabe recalcar que con el uso frecuente de la máquina sufrirá desgaste en el filo.

- **Diagrama de Deformaciones.**

Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
Escala de deformación: 9509.97

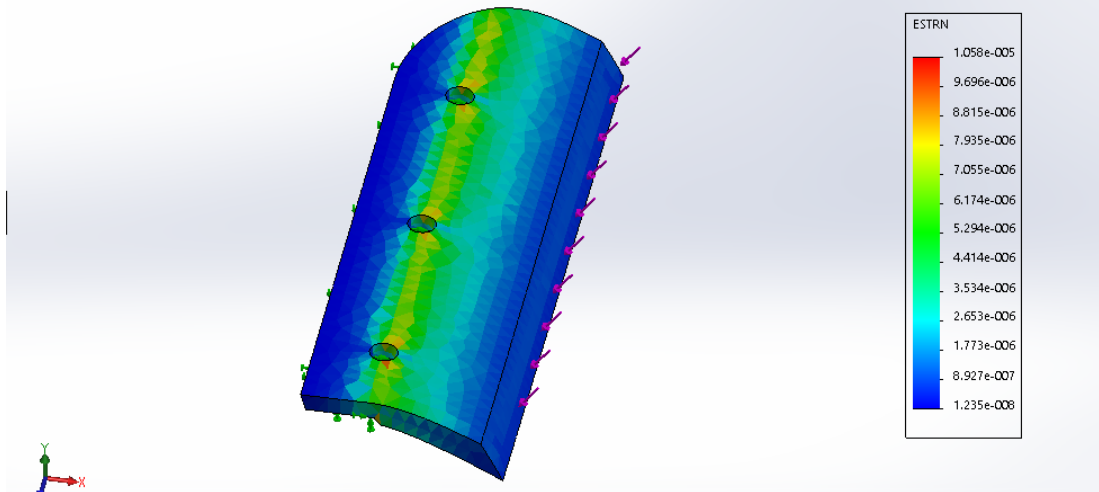


Fig. 17 Diagrama de deformación de la cuchilla realizado por[4].

En el análisis de deformación de la cuchilla se puede observar que la deformación es de 0.07, viendo a simple vista se puede observar una deformación clara ya que su escala está excesiva para mayor visibilidad de deformación de la cuchilla.

3.1.3 Diseño de poleas

La necesidad de obtener 1300 rpm como salida, nos conduce a la interrogante de determinar el diámetro adecuado de poleas.

$$Nm = 1730 \text{ rpm}$$

$$Ns = 1300 \text{ rpm}$$

Relación de transmisión

$$RT = \frac{Nm}{Ns}$$

$$RT = \frac{1730 \text{ rpm}}{1300 \text{ rpm}}$$

$$RT = 1.33$$

$$RT = \frac{4}{3}$$

Por lo que se puede decir que se necesita:

- Polea N1

$$3 \text{ pulg} \times 2 = 6 \text{ pulg}$$

- Polea N2

$$4 \text{ pulg} \times 2 = 8 \text{ pulg}$$

Por razones estáticas se aumenta el doble del diámetro sin tener problemas en la relación de transmisión.

Como relación de transmisión se observa que:

$$N_{motor} = 1730 \text{ rpm}$$

$$D1 = 6 \text{ pulg} = 152.4 \text{ mm}$$

$$D2 = 8 \text{ pulg} = 203.2 \text{ mm}$$

$$Nm \times D1 = Ns \times D2$$

$$Ns = \frac{Nm \times D1}{D2}$$

$$Ns = \frac{1730 \text{ rpm} \times 152.4 \text{ mm}}{203.2 \text{ mm}}$$

$$Ns = 1297.5 \text{ rpm}$$

Con este proceso se puede confirmar que la relación de transmisión es de:

$$RT = \frac{4}{3}$$

3.1.4 Selección de banda

3.1.4.1 Cálculo de ángulo de contacto

$$159^\circ \leq \theta - 2 \leq 180^\circ$$

$$\theta_D = \pi - 2 * \text{sen}^{-1} \frac{D - d}{2c}$$

Ec.1-2

Mediante diferentes cálculos obtenidos se tiene que:

$$D = 203.2 \text{ mm}$$

$$d = 152.4 \text{ mm}$$

$$c = 823 \text{ mm}$$

$$\theta_D = \pi - 2 * \text{sen}^{-1} \frac{(203.2 - 152.4) \text{ mm}}{2 \times 283 \text{ mm}}$$

$$\theta_D = 179.63^\circ = 180^\circ = \pi$$

3.1.4.2 Cálculo de longitud de banda

$$L = \sqrt[2]{4c^2 - (D - d)^2} + \frac{1}{2}(D\theta_D + d\theta_d)$$

Ec.1-4

$$L = \sqrt[2]{4(823)^2 - (203.2 - 152.4)^2} + \frac{1}{2}((203.2 \times 0.37) + (152.4 \times 3.07))$$

$$L = 2205.2 \text{ mm}$$

3.1.5 Selección de motor

Formula de selección de motor obtenida de [9]

$$P = T \times W$$

Ec.2-24 [9]

Donde:

T = Torque

Fc= Fuerza de corte

D= Distancia del filo de la cuchilla al centro

$$T = 12 \text{ kg} \times \left(9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) \times 0.2 \text{ m}$$

$$T = 176.6 \text{ N} \times 0.2 \text{ m}$$

$$T = 23.4 \text{ Nm}$$

Por lo tanto:

$$P = T \times W$$

$$P = 23.4 \text{ Nm} \times 100 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$P = 2310.4 \text{ W}$$

Se conoce que 1 Hp = 746 W

$$2310.4 \text{ W} \times \frac{1 \text{ Hp}}{746 \text{ W}} = 3.09 \text{ hp}$$

El motor necesario para la máquina picadora de caña y hierba es un motor de 3 Hp

3.1.6 Velocidad de la banda tangencial

$$V_T = \frac{D \times \pi \times N}{60000}$$

Donde:

D = diámetro de la polea (mm)

N = velocidad en (rpm)

$$\emptyset = 8 \text{ pulg} \times \frac{25.4 \text{ mm}}{1 \text{ pulg}}$$

$$\emptyset = 203.2 \text{ mm}$$

$$N_{\text{motor}} = 1730 \text{ rpm}$$

$$\frac{N_1}{N_m} = \frac{\emptyset_1}{\emptyset_2}$$

$$N_1 = N_m \times \frac{\emptyset_1}{\emptyset_2}$$

$$N_1 = 1730 \text{ rpm} \times \frac{6 \text{ pulg}}{8 \text{ pulg}}$$

$$N_1 = 1297.5 \text{ rpm}$$

$$V_t = \frac{203.2 \text{ mm} \times \pi \times 1297.5 \text{ rpm}}{60000}$$

$$V_t = 13.8 \frac{m}{s}$$

3.1.6.1 Tensión de banda

Fórmula de tensión de banda obtenida de [1]

$$\frac{F1}{F2} = e^{f \times \theta}$$

Ec.2-25[1]

Donde:

F1 = fuerza del lado tenso

F2 = fuerza del lado flojo

f = Coeficiente de fricción

θ = ángulo de contacto

$$\frac{F1}{F2} = e^{0.4 \times \pi}$$

$$\frac{F1}{F2} = 3.5135$$

Fórmula de potencia obtenida de [1]

$$P = F \times V$$

Ec.2-26[1]

$$P = \frac{(F1 - F2) \times V}{746}$$

Donde:

P = (Hp)

V= (m/s)

$$F1 - F2 = \frac{3 \times 746}{13.8}$$

$$F1 - F2 = 162.17$$

$$3.5135 \times F2 - F2 = 162.7$$

$$2.5135 F2 = 162.7$$

$$F2 = 64.51 \text{ N}$$

$$F1 \times 64.51 = 162.17$$

$$F1 = 226.68 \text{ N}$$

3.1.6.2 Torque de la banda.

Fórmula de torque obtenida de [1]

$$T = F \times R$$

Ec.2-27 [1]

$$T = (F1 - F2) \times R$$

$$T = (226.68 \text{ N} - 64.51 \text{ N}) \times 0.101 \text{ m}$$

$$T = 16.21 \text{ N m}$$

3.1.7 Diseño de eje principal

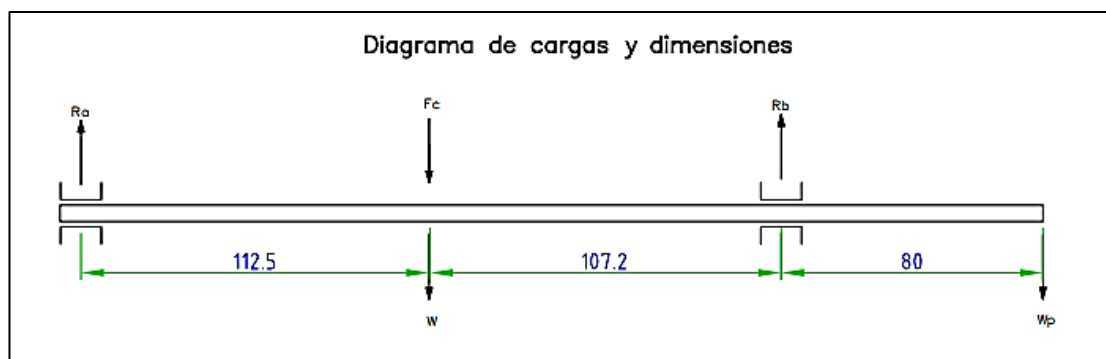


Fig. 18 Diagrama de cargas en el plano XZ, realizado por[4].

$$\sum M_a = 0$$

$$(F_c \times d) + (W \times d) - (R_b \times d) + (W_p \times d) = 0$$

$$Rb = \frac{(12 \text{ kg} \times 11.25 \text{ cm}) + (15 \text{ kg} \times 11.25 \text{ cm}) + (4 \text{ kg} \times 30 \text{ cm})}{22 \text{ cm}}$$

$$Rb = 19.26 \text{ kg}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$Ra - Fc - Wp + Rb - Wp = 0$$

$$Ra = 12 \text{ kg} + 4 \text{ kg} - 19 \text{ kg} + 15 \text{ kg}$$

$$Ra = 12 \text{ kg}$$

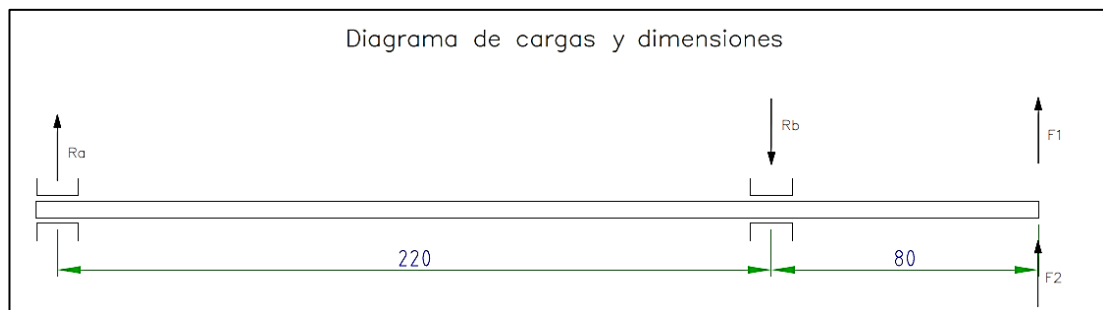


Fig. 19 Diagrama de cargas en el plano XY, realizado por[4].

$$\sum M_a = 0$$

$$(Rb \times d) - (F1 \times d) - (F2 \times d) = 0$$

$$Rb = \frac{(2226.68 \text{ N} \times 30 \text{ cm}) + (64.51 \text{ N} \times 30 \text{ cm})}{22 \text{ cm}}$$

$$Rb = 397.07 \text{ N} \times \frac{1}{9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$Rb = 40.51 \text{ kg}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$Ra - Rb + F1 + F2 = 0$$

$$Ra = 397.07 \text{ N} - 226.68 \text{ N} - 64.51 \text{ N}$$

$$Ra = 105.88 \text{ N} \times \frac{1}{9.8 \frac{m}{s^2}}$$

$$Ra = 10 \text{ kg}$$

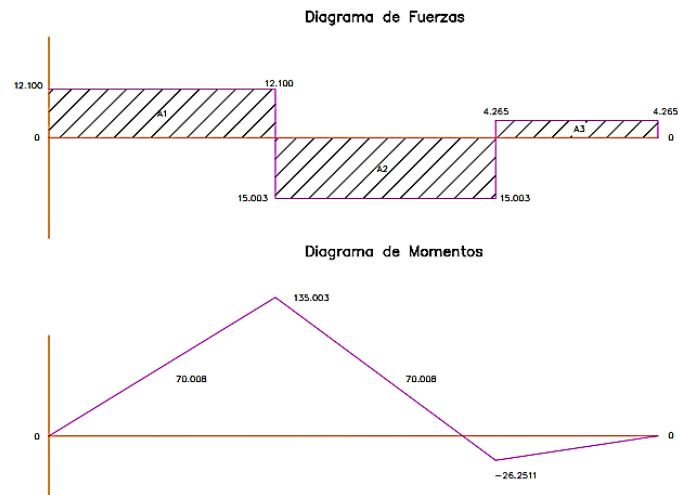


Fig. 20 Diagramas de fuerzas y de momentos en el plano XZ, realizado por[4].

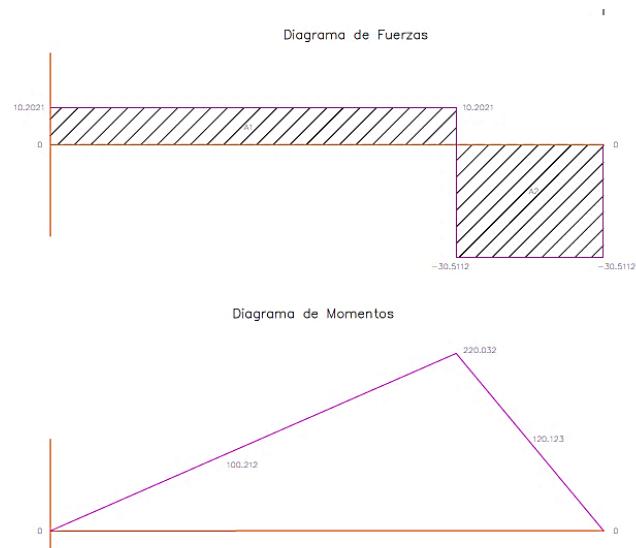


Fig. 21 Diagramas de fuerzas y de momentos en el plano XY, realizado por [4].

Mediante la gráfica se pudo determinar y obtener el momento máximo.

$$M_{max} = 220.032 \text{ kg cm}$$

$$M_{max} = 21563.136 \text{ N mm}$$

$$\sigma = \frac{32 M}{\pi d^3}$$

$$\sigma = \frac{32 \times 21563.136}{\pi d^3}$$

Para obtener el torque se debe tomar su longitud que es 22.3 cm esto representa del centro del eje al filo de la cuchilla móvil.

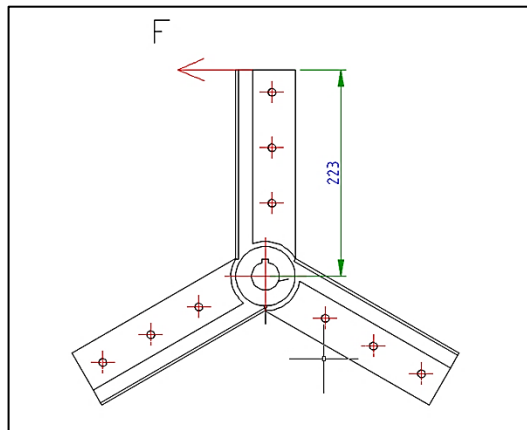


Fig. 22 longitud del portacuchillas, realizado por [4]

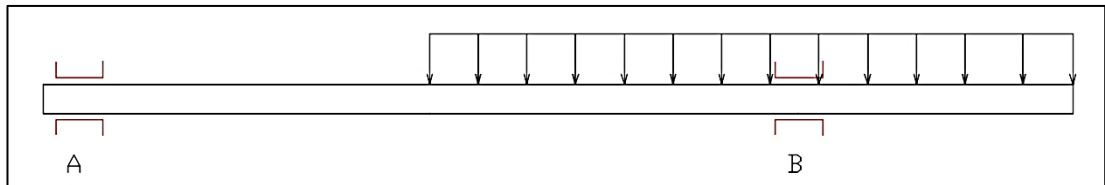


Fig. 23 Diagramas de torque producido por la polea, realizado por [4]

$$T = Fc \times L$$

$$T = 12 \text{ kg} \times 22.3 \text{ cm}$$

$$T = 267.6 \text{ kg cm}$$

$$T = 26224.8 \text{ N mm}$$

$$\tau = \frac{16 T}{\pi d^3}$$

Ec.2-2

$$\tau = \frac{16 \times 26224.8}{\pi d^3}$$

$$\sigma = \frac{Sy}{Fs}$$

Ec.2-4

Se establece Fs de 1.66 ya que es el necesario.

$$\sigma = \frac{1590}{1.66} = 957.83 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma = 957.83 \frac{N}{mm^2}$$

El valor de Sy es de 1590 obtenido de libro [9] del acero 4340.

Teoría de la máxima energía de deformación.

$$[\sigma]_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma]$$

Ec.2-3

$$\sqrt{\left(\frac{32 \times 21563.136}{\pi d^3}\right)^2 + 3\left(\frac{16 \times 26224.8}{\pi d^3}\right)^2} = 204.03$$

$$d = 39.2 \text{ mm}$$

Se debe utilizar un eje de diámetro de 40 mm, existente en el mercado.

De acuerdo a [17], Se utiliza el acero bonifica 4340 ya que es un acero de calidad para trabajar con cargas combinas, una de sus características es usado cuando se requiere una dureza superior y mejor resistencia al impacto.

3.1.7.1 Análisis de fatiga del eje

$$S_e = S'_e K_a K_b K_c K_d K_e K_f$$

$$S_e' = 0.504 S_{ut}$$

$$S_{ut} = 800 \text{ MPa}$$

$$S_e' = 403.2 \text{ MPa}$$

Mediante la Fig.9 se puede obtener los valores de a y b

$$K_a = a S_{ut}^b$$

Ec.2-7

$$a = 4.51$$

$$b = -0.265$$

$$Ka = 4.51 \times 800^{-0.265}$$

$$Ka = 0.767$$

Mediante la fig. 10 se tiene:

$$Kb = \left(\frac{d}{7.62} \right)^{-0.1133}$$

$$Kb = 0.83$$

Según Ec 2.8 el valor de Kc es:

$$Kc = 0.85$$

$$\text{Carga axial } S_{ut} \leq 1520 \text{ MPa}$$

Se utiliza la Ec 2.9 tenemos:

$$Kd = 1$$

Factor de temperatura ambiente.

Según Ec 2.10 se puede encontrar el valor de Kf con las tablas

$$Ke = \frac{1}{Kf} = 1$$

Ec.2.-10

$$Se = 403.2 * 0.767 * 0.83 * 0.85 * 1 * 1$$

$$Se = 218.17 \text{ MPa}$$

El eje trabajara con normalidad ya que cumple con lo siguiente:

$$\sigma < Se$$

$$204.03 \text{ MPa} < 218.17 \text{ MPa}$$

3.1.7.2 Cálculo del número de ciclos

$$N = \left(\frac{\sigma}{b} \right)^{\frac{1}{n}}$$

$$n = -\frac{1}{3} \log \left(\frac{0.9 S_{ut}}{Se} \right)$$

$$b = \left(\frac{0.9S_{ut}}{S_e} \right)^2$$

$$n = -\frac{1}{3} \log \left(\frac{0.9 \cdot 800}{218.17} \right) = -0.1728$$

$$b = \left(\frac{0.9 \cdot 800}{218.17} \right)^2 = 10.83$$

$$N = \left(\frac{\sigma}{b} \right)^{\frac{1}{n}}$$

$$N = \left(\frac{957.83}{10.83} \right)^{-\frac{1}{-0.1728}}$$

$$N = 5.42 \times 10^{12} \text{ ciclos}$$

3.1.7.3 Análisis de elementos finitos del eje principal

Para comprobar que el eje principal obtenido mediante cálculos trabajara de manera eficiente, se procede el análisis en el programa de SolidWorks, la carga estará distribuida sobre el eje principal, teniendo en cuenta las cargas combinadas el peso del portacuchillas. Con el siguiente análisis se determinará la tensión de Von Mises a la vez se podrá observar la deformación y el desplazamiento que las cargas provoca sobre el eje principal.

- **Esfuerzo de Von Mises**

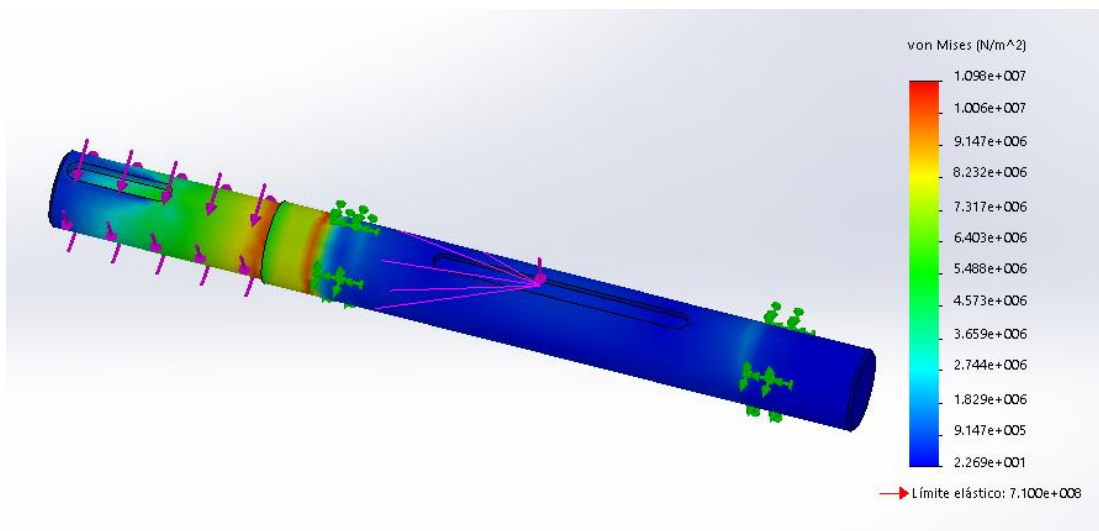


Fig. 22 Esfuerzo de Von de Mises sobre el eje principal realizado por[4].

En el análisis de esfuerzo de Von Mises se puede observar claramente que el mayor esfuerzo de Von Mises que soporta el eje principal es de 1.204 KPa

- **Diagrama de desplazamientos**

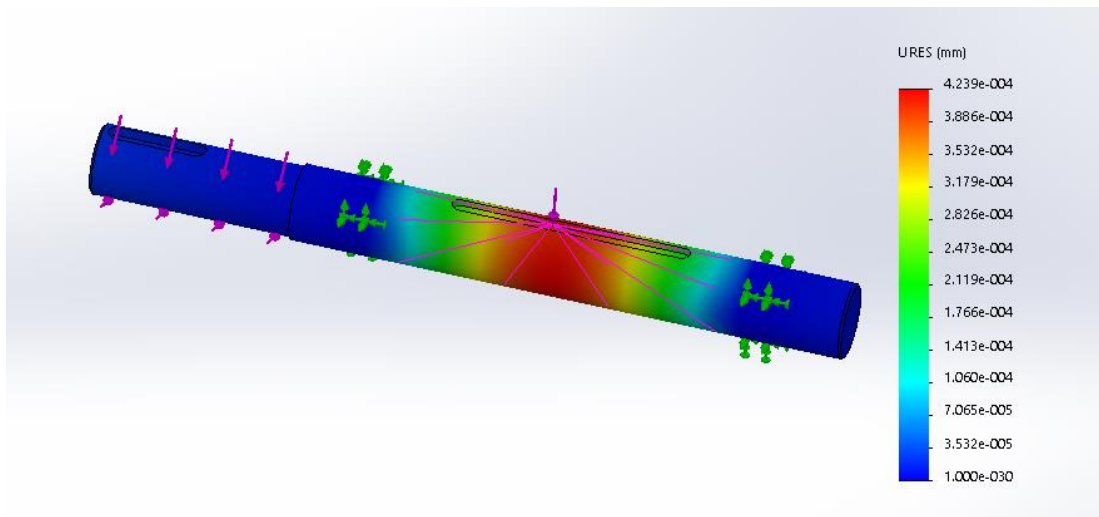


Fig. 23 Desplazamiento generado sobre el eje principal realizado por[4].

En el análisis realizado se puede observar que el desplazamiento es de 0.1 mm En el centro del eje donde impacta la caña de azúcar y la hierba, es mínimo el desplazamiento por lo tanto el diámetro del eje está correctamente escogido.

- **Diagrama de deformaciones**

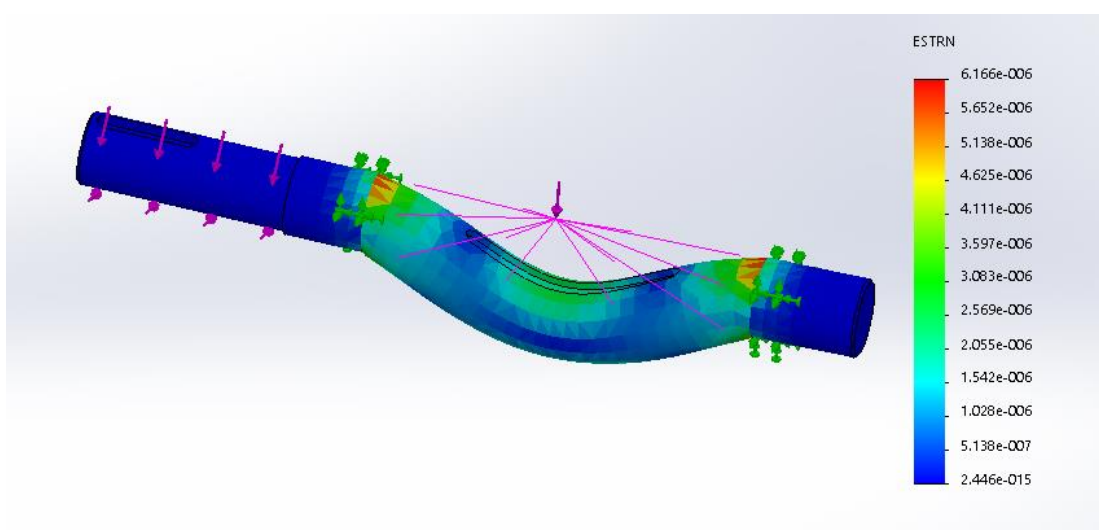


Fig. 24 Diagrama de deformación sobre el eje principal realizado por[4].

En el análisis de deformación del eje principal se puede observar que la deformación es de 0.02, viendo a simple vista no se puede observar una deformación clara ya que su escala de deformación esta excesiva para mayor visibilidad de deformación del eje.

Se aplica la torsión ejercida por las bandas del motor:

3.1.8 Análisis de la estructura porta carcasas

Cargas en base Principal.

$$[\sigma] = \frac{Sy}{Fs}$$

Ec.2-5

$$Sy = 250MPa$$

$$Fs = 2$$

$$[\sigma] = \frac{250}{2}$$

$$[\sigma] = 125MPa$$

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Donde:

F: Fuerza aplicada

A: Área del perfil

$$F = 637N$$

$$A = 530 \text{ mm}^2$$

Por lo tanto:

$$\sigma = \frac{637}{530}$$

$$\sigma = 1.20 \text{ MPa}$$

Con lo que se podría concluir que el perfil no estará afectado por los 637 N aproximados de carga.

Para comprobar el cálculo se debe cumplir con lo siguiente:

$$\sigma \leq [\sigma]$$

$$1.20MPa \leq 125 MPa$$

3.1.8.1 Análisis de elementos finitos de la estructura porta carcassas.

Para comprobar que la estructura construida soportará el peso de los componentes de las carcassas, se procede el análisis en el programa de SolidWorks, las cargas estarán distribuidas sobre la estructura. Con el siguiente análisis se determinará la tensión de Von Mises a la vez se podrá observar la deformación y el desplazamiento que las cargas provoca sobre la estructura.

La estructura soportara una carga distribuida en la parte superior de 637 N.

- **Diagrama de Tensiones Von Misses**

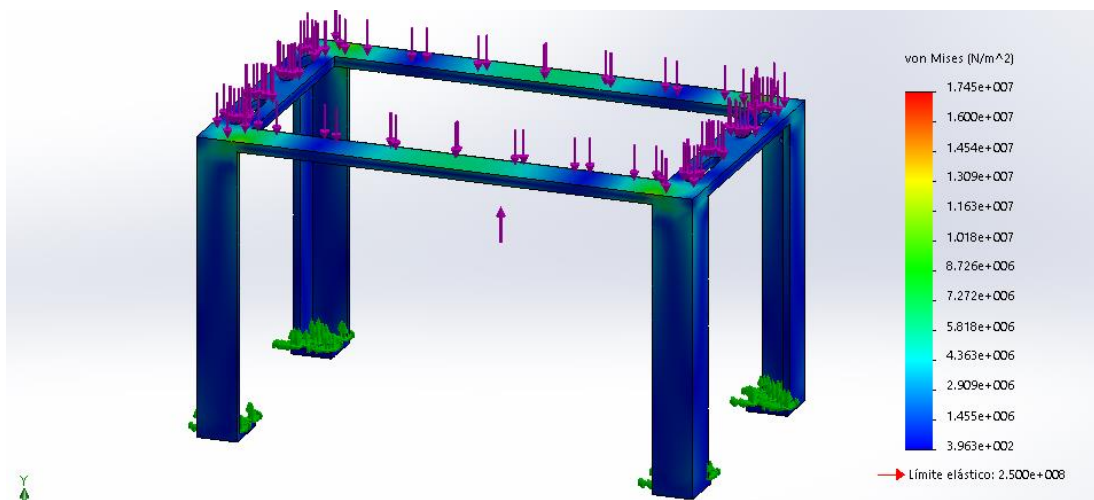


Fig. 25 Esfuerzo de Von de Mises sobre la estructura de las carcassas realizado por [4].

En el análisis de esfuerzo de Von Mises se puede observar claramente que el mayor esfuerzo de Von Mises que soporta la estructura es de 1.913 KPa

- **Diagrama de desplazamiento.**

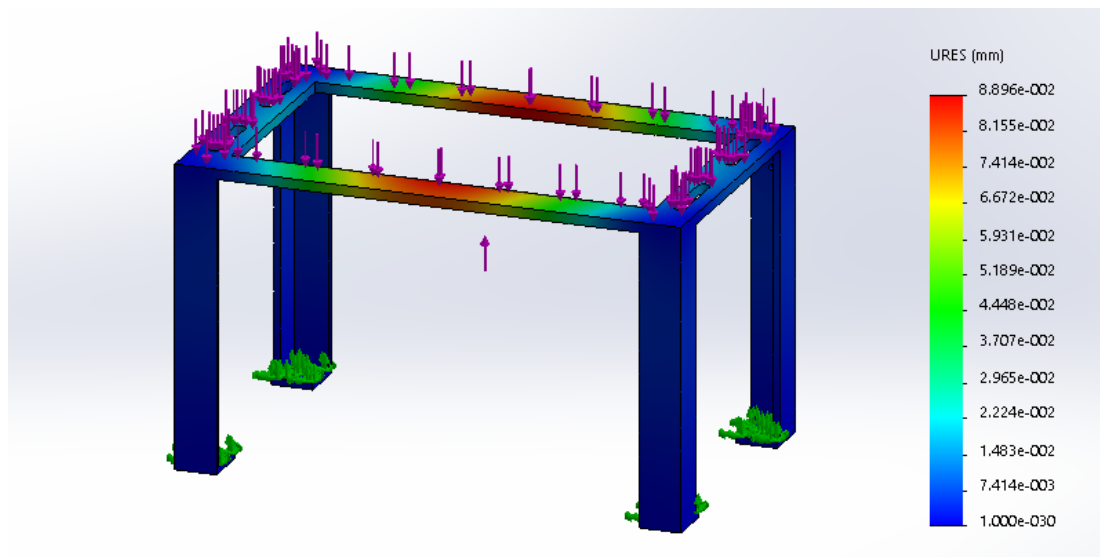


Fig. 26 Desplazamiento generado sobre la estructura de las carcasas realizado por[4].

En el análisis realizado se puede observar que el desplazamiento es de 1.2 mm En la parte superior de la estructura donde soporta todo el peso de los elementos que conforman las carcasas, es mínimo su desplazamiento es mínimo pero cabe recalcar que la estructura soportara con facilidad el peso.

- **Diagrama de deformaciones**

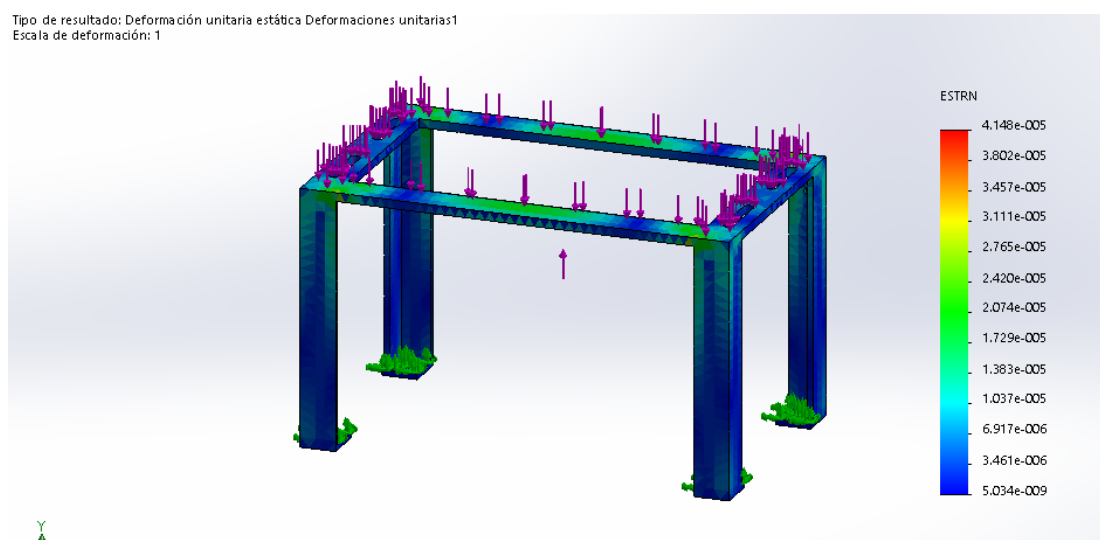


Fig. 27 Diagrama de deformación sobre la estructura de las carcas realizado por[4].

En el análisis de deformación de la estructura se puede observar que la deformación es de 0.02, viendo a simple vista se puede observar una deformación mínima ya que su escala de deformación es una escala real sobre la estructura.

Capítulo 4

4. Costos

En este capítulo se detallan los costos totales del proceso de construcción de la maquina picadora. Para el cálculo de costos se debe tomar en cuenta los parámetros como son:

- Costos de la materia prima
- Costos de mano de obra
- Costos de fabricación

4.1 Costos directos

4.1.1 Costos de materia prima

Los costos de la materia prima para la construcción de la máquina picadora serán expresados en la tabla.

Tabla 5

Costos de materiales de materia prima realizado por [4].

COSTOS DE MATERIALES DE MATERIA PRIMA				
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	COSTO
1	Correa en C (80 X 45 X 6,5) X 6m	1 u		
2	Plancha ASTM A-36 (1220 X 2440 X 4,5)mm	1 u	\$ 68,43	\$ 68,43
3	ASTM A-36 plancha retazo (1000 X 2000 X 2)mm	3,26 kg	\$ 2,99	\$ 9,75
4	ASTM A-36 plancha retazo (900 X 900 X 2)mm	6,7 kg	\$ 2,99	\$ 20,03
5	ASTM A-36 plancha retazo (700 X 500 X 2,5)mm	6,86 kg	\$ 2,99	\$ 20,51
6	ASTM A-36 plancha retazo (500 X 400 X 2,5)mm	3,95 kg	\$ 2,99	\$ 11,81
7	Acero k-460 (200 X 70 X 12)mm 3 unidades	1,31 kg	\$ 6,40	\$ 25,14
8	Acero k-460 (170 X 70 X 15)mm	1,4 kg	\$ 6,40	\$ 8,96
9	Ángulo de (40 X 40 X 6) mm X 6m	1 u	\$ 21,25	\$ 21,25
10	Acero de trans. AISI 1018 Ø32 x 320mm	2,019 kg	\$ 2,99	\$ 6,04
11	Acero de trans. AISI 1018 Ø33 x 65 mm	0,43 kg	\$ 2,99	\$ 1,29
SUBTOTAL				\$ 193,20
IVA 14%				\$ 27,05
TOTAL				\$ 220,25

4.1.2 Costos de materiales normalizados

Los materiales normalizados también se podrían denominar insumos para la construcción de la máquina picadora, son todos los materiales los cuales ya vienen fabricados bajo estándares normalizados.

Los costos de materiales normalizados para la construcción de la máquina picadora serán expresados en la tabla.

Tabla 6

Costos de materiales normalizados, realizado por [4].

COSTOS DE MATERIALES NORMALIZADOS				
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	COSTO
1	Motor de 3 Hp 220V	1	\$ 260,00	\$ 260,00
2	Cooper trifásico	1	\$ 8,85	\$ 8,85
3	Banda trapezoidal	2	\$ 12,00	\$ 24,00
4	Botonera	1	\$ 13,30	\$ 13,30
5	Polea doble canal Ø 6 pulg	1	\$ 6,75	\$ 6,75
6	Polea doble canal Ø 8 pulg	1	\$ 9,30	\$ 9,30
7	Chumacera de pared	2	\$ 18,65	\$ 37,30
8	Perno M12x30	8	\$ 0,30	\$ 2,40
9	Arandela M12	8	\$ 0,10	\$ 0,80
10	Tuerca M12	8	\$ 0,15	\$ 1,20
11	Perno M10x30	12	\$ 0,20	\$ 2,40
12	Arandela M10	12	\$ 0,07	\$ 0,84
13	Tuerca 10	12	\$ 0,12	\$ 1,44
14	Perno M8x25	13	\$ 0,17	\$ 2,21
15	Arandela M8	13	\$ 0,06	\$ 0,78
16	Tuerca M8	13	\$ 0,09	\$ 1,17
17	Perno M6x15	9	\$ 0,15	\$ 1,35
18	Arandela M6	9	\$ 0,05	\$ 0,45
19	Tuerca M6	9	\$ 0,10	\$ 0,90
SUBTOTAL				\$ 375,44
IVA 14%				\$ 52,56
TOTAL				\$ 428,00

4.1.3 Costos de mano de obra

Los costos de mano de obra son el valor del esfuerzo físico y mental del operario, el valor hora de cada operario depende de la máquina necesaria a trabajar el elemento mecánico.

Al momento del cálculo de costos de mano de obra hay que tener el tiempo ya que existen dos tipos de tiempo de mano de obra:

- Tiempo de mecanizado
- Tiempo de muerto

El tiempo de mecanizado es simplemente el proceso de fabricación del elemento mientras que el tiempo muerto son aquellos minutos que se demora en el montaje de la pieza o cambio de cuchillas para su obtención de se debe sumar el 30% del tiempo de mecanizado.

Tabla 7
Costos de mano de obra, realizado por [4].

COSTOS DE MANO DE OBRA					
NUMERO	ELEMENTO	PORCESO	VALOR HORA	TIEMPO DE MECANIZADO	COSTO
1	Estructura	Corte	\$ 5,00	1	\$ 5,00
		Soldado	\$ 14,00	0,5	\$ 7,00
		Perforado	\$ 7,00	0,2	\$ 1,40
2	Cubre poleas	Corte	\$ 5,00	0,3	\$ 1,50
		Soldado	\$ 14,00	0,4	\$ 5,60
3	Carcasa superior	Corte	\$ 5,00	0,7	\$ 3,50
		Perforado	\$ 7,00	0,2	\$ 1,40
		Soldado	\$ 14,00	0,4	\$ 5,60
4	Carcasa inferior	Corte	\$ 5,00	1	\$ 5,00
		Valoradora	\$ 7,00	0,5	\$ 3,50
		Perforado	\$ 7,00	0,5	\$ 3,50
		Soldado	\$ 14,00	0,5	\$ 7,00
5	Portacucillas	Fundido			\$ 180,00
		Perforado	\$ 7,00	0,2	\$ 1,40
		Mortajadora	\$ 12,00	0,2	\$ 2,40
6	Cuchillas móviles	Fresado	\$ 15,00	0,8	\$ 12,00
		Perforado	\$ 7,00	0,4	\$ 2,80
7	Cuchillas fija	Fresado	\$ 15,00	0,8	\$ 12,00
		Perforado	\$ 7,00	0,4	\$ 2,80
8	Cubre motor	Corte	\$ 5,00	0,5	\$ 2,50
		Perforado	\$ 7,00	0,1	\$ 0,70
		Soldado	\$ 15,00	0,4	\$ 6,00
9	Bandeja	Corte	\$ 5,00	0,5	\$ 2,50
		Perforado	\$ 7,00	0,2	\$ 1,40
		Soldado	\$ 14,00	0,2	\$ 2,80
10	Eje principal	Corte	\$ 5,00	0,2	\$ 1,00
		Torneado	\$ 12,00	0,6	\$ 7,20
		fresado	\$ 15,00	0,3	\$ 4,50
11	Poleas	Torneado	\$ 12,00	0,2	\$ 2,40
		Mortajadora	\$ 12,00	0,2	\$ 2,40
TOTAL					\$ 296,80

4.2 Costos indirectos

4.2.1 Costos adicionales

Los costos adicionales son aquellos costos que no se tomaron en cuenta al momento de la construcción de un proyecto. Estos costos adicionales van alrededor de un 10% del valor total del proyecto.

4.2.2 Costos de diseño

Estos costos representan el desempeño de la persona que está llevando a cabo el proyecto, como son el desarrollo de cálculos, planos e investigación. Estos costos de diseño van alrededor de un 30% del valor total del proyecto.

4.3 Costo total de la máquina

Tabla 8

Costo total de la máquina, realizado por [4].

COSTO TOTAL DE LA MAQUINA	
Costos directos	
Materia prima	\$ 220,25
Mano de Obra	\$ 296,80
Costos Normalizados	\$ 428,00
TOTAL	\$ 945,05
Costos indirectos	
Costos adicionales	\$ 94,50
Costos de diseño	\$ 283,51
TOTAL	\$ 378,01
PRECIO TOTAL	\$ 1.323,06

Conclusiones

- La máquina picadora de caña está diseñada aplicando los conocimientos necesarios de ingeniería para un correcto funcionamiento y seguridad para el operario.
- El eje principal se fabricó con un diámetro de 30 mm en un AISI 4340 bonificado ya que es un buen material para trabajar a esfuerzos combinados como es la tensión, torsión y flexión.
- Mediante los cálculos se pudo determinar que el motor eléctrico necesario para picar la caña de azúcar y la hierba es de 3 hp con 1750 rpm.
- El mejor elemento para transmitir del movimiento fueron las bandas trapezoidales de caucho ya que si en un momento ingresa un elemento extraño por la bandeja no conocido podrán deslizarse alrededor de la polea evitando accidentes o daños en la máquina.
- Se verificó la capacidad real de la máquina picadora mediante pruebas. Se pudo concluir que la máquina picadora realiza el proceso de picado de 500 kg en cincuenta y cinco minutos aproximadamente.
- Con el análisis de costos se obtuvo un precio de 1323.06 dólares, que puede ser adquirido por personas que se dedican a la producción de leche.
- Se elaboró un manual de operación y mantenimiento del equipo para el manejo de la máquina picadora y sea versátil. Considerado la seguridad del operario.

Recomendaciones

- Antes de utilizar la máquina verificar el interior de las carcasas, ya que pueden ingresar objetos indebidos los que podrían dañar las cuchillas móviles de la máquina picadora.
- Al momento de utilizar la máquina es preferible usar elementos de protección industrial para evitar accidente o lesiones.
- Para variar la longitud de corte se debe mover la cuchilla fija, la cual debe llevar un tratamiento térmico para modificar las propiedades del acero k460 y obtener mayor dureza en el material.
- Antes de ingresar la hierba o caña de azúcar verificar cuidadosamente que no existan otros tipos de cultivos, que puedan afectar en el picado de la máquina.
- Realizar una limpieza de la máquina picadora totalmente desconectada, cada vez de que se utilice para evitar acumulación de pasto o caña picada dentro de las carcasas.

Referencias

- [1] G. Guijarro and H. Paguay, “Diseño y construcción de una máquina picadora de bagazo de caña de azúcar,” *Esc. Super. Politécnica Chimborazo*, pp. 65–69, 2009.
- [2] S. Argentino, F. D. Holgado, P. Xxi, C. Semi, and I. Leales, “CAÑA DE AZÚCAR : ALIMENTO PARA LOS,” vol. 20, no. 250, pp. 3–5, 2012.
- [3] L. L. Díaz Montejó and E. T. Portocarrero Rivera, “Manual de Producción de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum* L.),” p. 148, 2002.
- [4] J. Andrade and J. Nogales, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PICADORA DE HIERBA Y CAÑA PARA ALIMENTAR EL GANADO VACUNO EN EL SECTOR EL PORVENIR PERTENECIENTE A LA PARROQUIA GUALEA,” *Univ. POLITÉCNICA Sales.*, vol. 1, p. 6, 2017.
- [5] R. Sánchez Rodríguez, “Diseño Y Construcción De Un Banco De Prácticas En Motores Eléctricos, Como Apoyo a La Asignatura Diseño De Máquinas Ii Eybar Farith Contreras Villamizar,” 2010.
- [6] B. Mutton, *Mecanismos de halar para embarcaciones pesqueras pequeñas*. 1983.
- [7] R. Juvinall, “Fundamentos de diseño para ingeniería mecánica,” *Limusa*, vol. 1, p. 414, 1996.
- [8] R. L. Mott, *Diseño de elementos de máquinas*. 2011.
- [9] A. Douglas and M. Monel, “Diseño en ingeniería mecánica de Shigley,” 2008.
- [10] V. . Beliàev and I. . Bogatirev, *atlas de maquinas y mecanismos.pdf*, Ceac Plane. Moscu, 2004.
- [11] H. Reinike, “No Title,” 2010. [Online]. Available: https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2010/2/ME4602/1/material_docente/bajar?id_material=308791.
- [12] N. Larburu arrizabalaga, “Prontuario de máquinas.” p. 625.
- [13] Emhart, “Expertos en sistemas de fijación,” *EMHART teknologies*, 2014. [Online]. Available: http://www.emhartmedia.com/upload_img/POP_ES.pdf.
- [14] R. L. Mott, *Diseño de elementos de máquinas*. 2006.
- [15] D. Carrera and J. Vargas, “Diseño y Construcción trituradora de morochillo entero para producción de balanceados,” 2016.
- [16] D. Carrera and J. Vargas, “DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA MAQUINA TRITURADORA DE MOROCHILLO ENTERO PARA PRODUCCION DE BALANCEADOS,” 2016.
- [17] G. Ing. Castro, “A c e r o s,” *Dep. Ing. Mec. F.I.U.B.A*, vol. 1, p. 109, 2009.

**MANUAL DE INSTRUCCIONES
Y SEGURIDAD**

Durante la utilización de la maquina picadora de hierba y caña procure respetar las siguientes precauciones elementales:

- No utilizar este aparato más que para picar cultivo ya sea Caña de azúcar o Hierba.
- No sobrecargar la capacidad neta de la máquina, en este caso 2 cañas a la vez.
- No utilizar el aparato con el cable de alimentación dañado.
- Desconectar la máquina picadora de hierba y caña al momento de realizar cualquier tipo de mantenimiento preventivo o correctivo así como la limpieza interna entre las carcasas.
- No encender la máquina picadora de hierba y caña en una superficie que no esté correctamente nivelado.
- Las bases de la estructura de la máquina deberán estar ancladas a la superficie plana mediante cauchos y empotrada mediante pernos.
- Utilizar elementos de seguridad al momento de utilizar la máquina picadora de hierba y caña de azúcar.
- Verificar que al interior de la carcasa no exista ningún objeto extraño que podría dañar las cuchillas y generar ruidos excesivos.
- Desenchufar el aparato después de su utilización.
- De haber niños mantenerlos fuera del alcance de la máquina.
- Verificar que todos los componentes de la maquina se encuentre en su lugar.

MANUAL DE MANTENIMIENTO

Durante la utilización de la maquina picadora de hierba y caña, se debe tener en cuenta los siguientes procesos de mantenimiento preventivo elementales:

Conserve este manual de mantenimiento

- Lubrique de manera continua los elementos mecánicos tales como chumaceras con un periodo máximo de 10 horas de funcionamiento.
- Realizar un reajuste de los pernos que conforman la estructura tanto de las carcasas como la base de la máquina, ya que por vibración tienden a aflojarse un poco.
- Realizar una profunda limpieza de la maquina después de cada proceso de picado.
- Eliminar residuos líquidos después de la utilización para evitar la corrosión de las partes que conforman el mecanismo de picado.

ANEXOS

Tabla A-22

Resultados de ensayos a la tensión de algunos metales* Fuente: J. Danks, "Solid Materials", capítulo 32, en Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke y Thomas H. Brown, J. (editores en jefe), *Standard Handbook of Machine Design*, 3a. ed., McGraw-Hill, Nueva York, 2004, pp. 32.49-32.52.

Número	Material	Condición	Fluencia S_y		Último S_u		Resistencia a la tracción σ_u		Resistencia a la deformación, Resistencia a la fluencia ϵ_f
			MPa (ksi)	MPa (ksi)	MPa (ksi)	MPa (ksi)	MPa (ksi)	MPa (ksi)	
1018	Acero	Recocido	220 (32.0)	341 (49.5)	628 (91.1) ^f	620 (90.0)	0.25	1.05	
1144	Acero	Recocido	358 (52.0)	646 (93.7)	898 (130) ^f	992 (144)	0.14	0.49	
1212	Acero	HR	193 (28.0)	424 (61.5)	729 (106) ^f	758 (110)	0.24	0.65	
1045	Acero	Ty8 600PF	1520 (220)	1580 (230)	2380 (345)	1880 (273) ^f	0.041	0.81	
4142	Acero	Ty8 600PF	1720 (250)	1930 (280)	2340 (340)	1760 (255) ^f	0.048	0.43	
303	Acero inoxidable	Recocido	241 (35.0)	601 (87.3)	1520 (221) ^f	1410 (205)	0.51	1.16	
304	Acero inoxidable	Recocido	276 (40.0)	568 (82.4)	1600 (233) ^f	1270 (185)	0.45	1.67	
2011	Aluminio de duminio	T6	169 (24.5)	324 (47.0)	325 (47.2) ^f	620 (90)	0.28	0.10	
2024	Aluminio de duminio	T4	296 (43.0)	446 (64.8)	533 (77.3) ^f	689 (100)	0.15	0.18	
7075	Aluminio de duminio	T6	542 (78.6)	593 (86.0)	706 (102) ^f	882 (128)	0.13	0.18	

*Los valores tienen en cuenta los efectos de las variaciones de tamaño y se refieren a las propiedades de ensayo a la tracción por tensión por tensión (UTS).
^fVer datos.

Tabla para la selección del Sy del eje principal [12].

Anexo 2

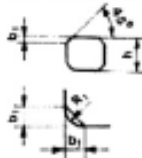
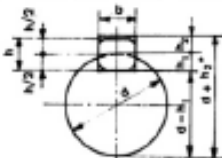

Pasadores y chavetas		CHAVETAS PARALELAS SERIE NORMAL				TABLA 18 . 13				
						(De UNE 17.102 h1)				
Dimensiones en mm.										
CHAVETA										
Sección $b \times h$	Ancho b		Altura h		Chavilán b_1		Longitud l			
	Nominal	Toler. $h9$	Nominal	Toler. $h9$ y $k11$	Mínima	Máxima	De...	a...		
4 x 4	4	0	4	0	0,16	0,25	8	45		
5 x 5	5	-0,030	5	-0,030	0,25	0,40	10	56		
6 x 6	6		6		0,25	0,40	14	70		
8 x 7	8	0	7		0,25	0,40	18	90		
10 x 8	10	-0,036	8		0,40	0,60	22	110		
12 x 8	12		8	0	0,40	0,60	28	140		
14 x 9	14	0	9	-0,090	0,40	0,60	36	160		
16 x 10	16	-0,043	10		0,40	0,60	45	180		
18 x 11	18		11		0,40	0,60	50	200		
20 x 12	20		12		0,40	0,80	56	220		
22 x 14	22	0	14	0	0,60	0,80	63	250		
25 x 14	25	-0,052	14	-0,110	0,60	0,80	70	280		
28 x 16	28		16		0,60	0,80	80	320		
32 x 18	32		18		0,60	0,80	90	360		
36 x 20	36	0	20		0,60	1,20	100	400		
40 x 22	40	-0,062	22	0	1,00	1,20	—	—		
45 x 25	45		25	0,130	1,00	1,20	—	—		
50 x 28	50		28		1,00	1,20	—	—		
56 x 32	56		32		1,00	2,00	—	—		
63 x 32	63	0	32		1,60	2,00	—	—		
70 x 36	70	-0,074	36	0	1,60	2,00	—	—		
80 x 40	80		40	-0,160	2,50	3,00	—	—		
90 x 45	90	0	45		2,50	3,00	—	—		
100 x 50	100	-0,087	50		2,50	3,00	—	—		
CHAVETERO										
Diámetro del eje d	Sección de la chaveta $b \times h$	Ancho b , tolerancia					Profundidad		Chavilán	
		Nominal	Clase de ajuste del enchavetado				Eje h_2		Cubo h_2	
			Libre		Normal	Ajustado	Nominal	Toler.	Nominal	Toler.
			Eje $h8$	Cubo $D10$						
Más de	Hasta				Eje y cubo $p9$				Min.	Máx.
10	12	4 x 4	4	+0,030	0	-0,012	2,5	1,8	0,08	0,16
12	17	5 x 5	5	0	+0,078	0	-0,042	3	0,16	0,25
17	22	6 x 6	6	0	+0,030	-0,030	3,5	2,3	0,16	0,25
22	30	8 x 7	8	+0,036	+0,096	0	-0,015	4	0,16	0,25
30	38	10 x 8	10	0	+0,040	-0,036	-0,061	5	0,25	0,40
38	44	12 x 8	12					5	0,25	0,40
44	50	14 x 9	14	+0,043	+0,120	0	-0,018	5,5	0,25	0,40
50	58	16 x 10	16	0	+0,050	-0,043	-0,061	6	0,25	0,40
58	65	18 x 11	18					6	0,25	0,40
65	75	20 x 12	20					7	0,25	0,40
75	85	22 x 14	22	+0,062	+0,149	0	-0,022	7,5	0,40	0,60
85	95	25 x 14	25	0	+0,065	-0,062	-0,074	9	0,40	0,60
95	110	28 x 16	28					9	0,40	0,60
110	130	32 x 18	32					10	0,40	0,60
130	150	36 x 20	36	+0,062	+0,190	0	-0,026	11	0,40	0,60
150	170	40 x 22	40	0	+0,090	-0,062	-0,088	12	0,70	1,00
170	200	45 x 25	45					13	0,70	1,00
200	230	50 x 28	50					15	0,70	1,00
230	260	56 x 32	56					17	0,70	1,00
260	290	63 x 32	63	+0,074	+0,220	0	-0,032	20	0,70	1,00
290	330	70 x 36	70	0	+0,100	-0,074	-0,106	20	1,20	1,60
330	380	80 x 40	80					22	1,20	1,60
380	440	90 x 45	90	+0,087	+0,260	0	-0,037	25	2,00	2,50
440	500	100 x 50	100	0	+0,120	-0,087	-0,124	28	2,00	2,50
400	500	100 x 50	100					31	2,00	2,50

Tabla para la selección de chavetas[12].

Anexo 3

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{ur} , kpsi	S_{ur} , MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

Parámetros en el factor de la condición superficial [9].

Anexo 4

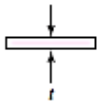


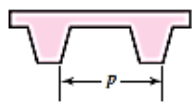
$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

Para carga axial no hay efecto de tamaño, por lo cual

$$k_b = 1$$

Factor de tamaño para el eje principal [9].

Anexo 5

Tipo de banda	Figura	Unión	Intervalo de tamaños	Distancia entre centros
Plana		Sí	$t = \begin{cases} 0.03 \text{ a } 0.20 \text{ pulg} \\ 0.75 \text{ a } 5 \text{ mm} \end{cases}$	No hay límite superior
Redonda		Sí	$d = \frac{1}{8} \text{ a } \frac{3}{4} \text{ pulg}$	No hay límite superior
Tipo V		Ninguna	$b = \begin{cases} 0.31 \text{ a } 0.91 \text{ pulg} \\ 8 \text{ a } 19 \text{ mm} \end{cases}$	Limitada
De sincronización		Ninguna	$p = 2 \text{ mm y mayor}$	Limitada

Tablas para la selección de banda [9].

**PLANOS DE LA MÁQUINA PICADORA
DE HIERBA Y CAÑA DE AZUCAR**